جامعة حلـــب

كلية الهندســـة المدنيـــة

قسم الهندسة البيئية

إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقة البيولوجية في مفاعل

RBC

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية قسم الهندسة البيئية

إعداد

المهندسة : رزان عفش

1432هـ - 2011م

جامعة حلـــب

كلية الهندســـة المدنيـــة

قسم الهندسة البيئية

إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقة البيولوجية في مفاعل RBC

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية قسم الهندسة البيئية

إعداد

المهندسة :رزان عفش

إشراف

الأستاذة الدكتورة سلوى حجار

أستاذة في قسم الهندسة البيئية

كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

المشرف المشارك

الأستاذ الدكتور أمجد مراد آغا

أستاذ في قسم الهندسة البيئية

كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

1432هـ - 2011م

تصريح

أُصرح بأن هذا البحث " **إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقة البيولوجيـــة في مفاعـــل RBC** " لم يسبق أن قبل للحصول على أية شهادة ولا هو مقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشح

المهندسة: رزان عفش

Declaration

It is hereby declared that this work "**Nitrate removal from groundwater by biological treatment in RBC reactor** "has neither been accepted previously for any degree, nor it is being submitted presently for any other degree.

Candidate

Eng. Razan afash

شهادة

أشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث قامت به طالبة الماجستير رزان عفش تحت إشراف الدكتورة سلوى حجار الأستاذة في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب والدكتور أمجد مراد آغا الأستاذ في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب، وأي رجوع إلى بحث آخر في هذا الموضوع موثق بالنص.

المرشح	**المشرفة**	**المشرف المشارك**
المهندسة: رزان عفش	الأستاذة الدكتورة :سلوى حجار	الأستاذ الدكتور: أمجد مراد آغا

SERTIFICATE

It is hereby certified that the work described in this thesis is the result of the candidate's own investigation under the Supervisior of Dr. S.Hajjar profesor of Environmental Engineering Department and Dr. A. Agha profesor of Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo. And any reference to other research works has been only is acknowledged in The text.

Candidate

Eng. Razan afash

Supervisiors

Prof .S. Hajjar

Prof. A. Agha

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ   /   / 2011 وأجيزت

الأستاذة الدكتورة	**الأستاذ الدكتور**	**الأستاذ المساعد الدكتور**
سلوى حجار	**هيثم شاهين**	**نوزت النبغلي**

إهداء و كلمة شكر

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وما أوتيتم من العلم إلا قليلا﴾

﴿و قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله و المؤمنون﴾

صدق الله العظيم

إلى خالقي وسيدي .... إلى من له صلاتي ونسكي ومحياي ومماتي

الله عز وجل

إلى من أرسله الله رحمة للعالمين و أيقظ به قلوب الغافلين وجعله شفيعاً للمؤمنين.
سيدنا: محمد صلى الله عليه وسلم.

أهدي هذا العمل

أتوجه بجزيل الشكر إلى من كان نبراساً يضيء لنا الدرب **الأستاذة الدكتورة سـلوى حجـار** التي كان لها الفضل في تذليل المصاعب التي صادفتنا في رحلة العلم وأتوجه بالشكر كـذلك **للأساتذة دكاترة القسـم** متمنية لهم دوام الصحة والعافية كما أتمنى من الله عز وجل أن يهبنا جميعاً الاستمرار على طريق العلم .

الفهرس

بسم الله الرحمن الرحيم

إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقة

البيولوجية في مفاعل RBC

مقدمة:

تعد المياه الجوفية في العديد من مناطق العالم وبالأخص في العديد من القرى السورية المصدر الأساسي لمياه الشرب وذلك بسبب مميزاتها الواضحة عن المياه السطحية. ولقد أصبحت في الآونة الأخيرة مشكلة تلوث المياه الجوفية بشوارد النترات من المشاكل الهامة التي تواجه العالم وبالأخص القطر العربي السوري. إذ يوجد الكثير من الآبار تحتوي مياهها على زيادة في تركيز النترات تحتاج هذه الآبار إلى ملايين الدولارات لإقامة محطات لمعالجة مياهها بالإضافة إلى الصيانة المستمرة وكلف التشغيل.حيث يوجد في حلب وريفها العديد من الآبار التي تم إغلاقها نتيجة التلوث بالنترات، وذلك تبعًا للتحاليل التي أجرتها مؤسسة المياه في حلب كما في الملحق، حيث وصل تركيز النترات في بئر حديقة ميسلون إلى 230.89mg/L، ووصل تركيز النترات في حديقة الفردوس إلى 263.39mg/L، ووصل تركيز النترات في بئر حديقة باب الله الجنوبي إلى 138.21mg/L، ووصل تركيز النترات في بئر حديقة تل الزرازير إلى 130.21mg/L، ووصل تركيز النترات في بئر حديقة باب الله الجنوبي إلى 102.47mg/L، ووصل تركيز النترات في بئر باب الله الشرقي عند ملعب الأطفال إلى 95.19mg/L، ووصل تركيز النترات في بئر جبلة الحمرا الجديد إلى 91.47 mg/l ووصل تركيز النترات في بئر أخترين إلى 233.37 mg/l ووصل تركيز النترات في بئر الفسحة القديم إلى 54.5 mg/lووصل تركيز النترات في بئر جامع التقوى الجنوبي عندان إلى 107.495mg/lووصل تركيز النترات في بئر كفرناها إلى 169.57 mg/l

هذا بالإضافة إلى آبار كثيرة ارتفع فيها تركيز النترات عن الحدود المسموحة.

حيث يبين الجدول الآتي بعض الآبار الجوفية الملوثة بالنترات في مدينة حلب:

جدول الآبار الملوثة بالنترات في مدينة حلب وريفها

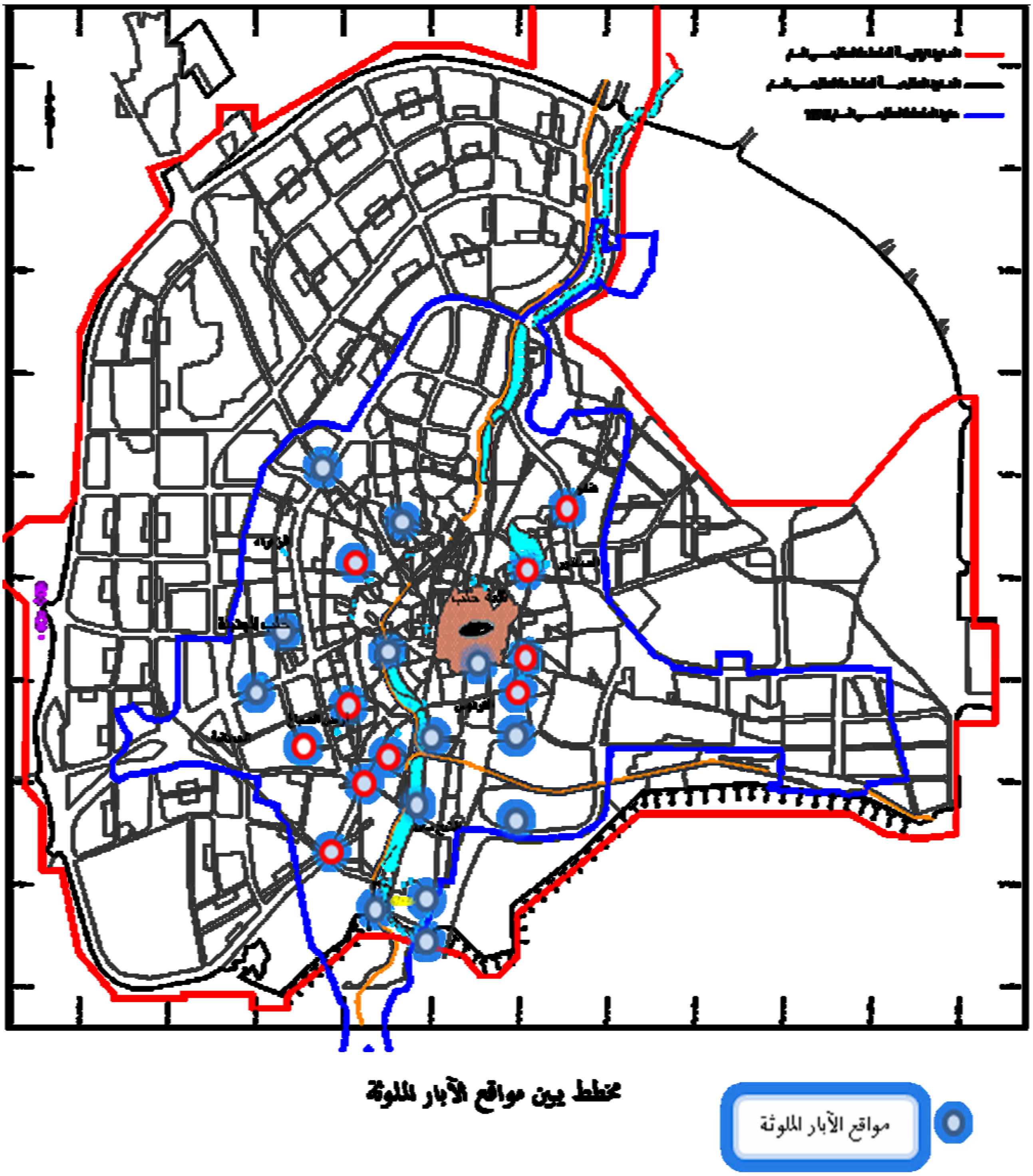
رقم البئر	موقع البئر	نوع التحليل	القيمة المسموحة حسب المواصفة القياسية السورية	القيمة التحليلية المخبرية	النتيجة
1	حديقة أرض الصباغ (بني زيد)	النترات النتريت الأمونيا	50mg/l 0.01 mg/l asN 0.05 mg/l asN	68.36mg/l 2.23mg/l 0.1mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والنتريت والامونيا
2	حديقة الفردوس	النترات الناقلية الكهربائية	50mg/l 1500 µs /cm	240.29 mg/l 1728 µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية الكهربائية
3	حديقة جسر الحج	النترات الناقلية الكهربائية	50mg/l 1500 µs /cm	211.16 mg/l 1730 µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية الكهربائية
4	الهلك أوتوستراد عين التل	النترات	50mg/l	64.64 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
5	مشتل حندرات	العكارة النترات	5NTU 50mg/l	85 NTU 128.25 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع نسبة التعكر وتركيز النترات
6	حديقة باب الله الشرقي جانب ملعب الاطفال	النترات	50mg/l	150.36 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
7	حديقة باب الله الشمالي	النترات الأمونيا	50mg/l 0.05mg/l asN	153.08 mg/l 0.06 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والامونيا
8	حديقة كرم الجبل	النترات	50mg/l	62.30 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
9	مركز إطفاء هنانو	النترات	50mg/l	63.63 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
10	حديقة باب الله الوسط	النترات	50mg/l	79.30 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات

11	حديقة المرورية	النترات	50 mg/l	63.15 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
12	حديقة الفرقان أمام الجامع	النترات	50mg/l	92.23 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
13	حديقة الشهباء	النترات	50mg/l	95.13 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
14	مشفى الجامعة خلف طب الأسنان	النترات	50mg/l	mg/l 70.19	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
15	حديقة سيف الدولة	النترات الحديد العكارة	50mg/l 0.3 mg/l 5 NTU	67.32 mg/l 1.75 mg/l 23 NTU	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والحديد والتعكر
16	حديقة الشهباء الشمالي المشتل	النترات	50mg/l	186.12 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
17	حديقة أرض العجور	النترات	50mg/l	79.92 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
18	الفردوس	النترات الناقلية	50mg/l 1500 µ s /cm	346.44 mg/l 1987µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية والعسرة الكلية
19	حديقة باب النيرب	النترات	50mg/l	92.50 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
20	حديقة مقر الأنبياء الأولى	النترات اللون	50mg/l	119.88 mg/l وجود شوائب	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات ووجود شوائب
21	حديقة ميسلون	النترات العكارة اللون	50mg/l 5 NTU	260.23 mg/l 6 NTU وجود شوائب	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والتعكر ووجود شوائب
22	حديقة الأعظمية الشريط	النترات	50mg/l	86.73 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
23	حديقة البختي مقبرة ميسلون	النترات	50mg/l	123.91 mg/l	ارتفاع تركيز النترات

24	حديقة تل الزرازير	النترات	50mg/l	94.80 mg/l	ارتفاع تركيز النترات
25	حديقة الفرقان الجنوبي	العكارة النترات النتريت الامونيا	5 NTU 50mg/l 0.01 mg/l asN 0.05mg/l asN	12 NTU 47.68 mg/l 7.92 mg/l 0.39 mg/l	ارتفاع تركيز النترات والنتريت والأمونيا والتعكر
26	بئر حديقة ميسلون	النترات العسرة الكلية	50mg/l	230.89mg/l 60.4°F	غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز ت العسرة الكلية والنترات
27	بئر حديقة الفردوس	النترات العسرة الكلية	50mg/l	263.39mg/l 66°F	غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز العسرة الكلية والنترات
28	بئرجبلة الحمرا الجديد.	النترات	50mg/l	91.47mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات وغير صالحة للشرب من الناحية الجرثومية
29	بئر اخترين	النترات العكارة	50mg/l 5 NTU	233.37mg/l 7.8 NTU	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات و التعكر والحديد
30	بئر جامع التقوى الجنوبي عندان وحدة عندان	النترات	50mg/l	107.49mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
31	بئر الفسحة القديم	النترات	50mg/l	54.56mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات وغير صالحة للشرب من الناحية الجرثومية .
32	بئر كفرناها(وحدة الاتارب)	النترات	50mg/l	169.87mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات

ويبين الملحق المرفق صور عن التقارير التي توضح تلوث مياه هذه الآبار.

ويبين الشكل (1) المخطط التنظيمي العام لمدينة حلب موضحاً عليه الآبار الجوفية الملوثة:



الشكل (1)

المخطط التنظيمي العام لمدينة حلب مبين عليه مواقع الآبار الملوثة

ومن هذا المخطط نلاحظ أن منطقة تلوث المياه الجوفية في مدينة حلب بالنترات تعطي جزءاً لا بأس به من مساحة المدينة وهذه المياه تشكل مخزوناً احتياطياً لشرب المدينة في حالات الطوارئ مما يظهر أهمية مشكلة تلوث مياه حلب بالنترات وضرورة البحث عن الحلول الملائمة لهذا الأمر بأقل ما يمكن من التكاليف وبأفضل النتائج الممكنة وإن كنا قد وفقنا إلى الحل فمن الله وإن كان التوفيق أقل فمن أنفسنا.

الفصل الأول

الدراسة النظرية حول وصول النترات إلى

المياه الجوفية

1-1- طرق وصول النترات إلى المياه الجوفية:

توجد النترات بشكل طبيعي ، فجميع مياه الأمطار وطبقات المياه الجوفية تحوي علـــى بعـــض مـــن نتروجين النترات

تتكون النترات في المياه الجوفية بشكل رئيسي من رش الأسمدة وتخزينه ومن أنظمة الصرف ، حيث يقوم المزارعون برش الأسمدة اللاعضوية وروث الحيوانات على الأراضي المعدة للزراعـــة ، والنتـــروجين الذي لا تمتصه المزروعات قد يرشح عبر التربة إلى المياه الجوفية ومن ثم يعود إلى سطح الأرض عبـــر سحب المياه الجوفية من الآبار

وأنظمة الصرف للسكان القاطنين في المجتمعات الريفية التي تعتمد على الحفر الفنية قد ترفع تركيـــز النترات في المياه الجوفية وذلك بسبب أنها قد تنقل مركبات النشادر الموجودة في المخلفـــات الـــسائلة إلـــى مركبات النترات والنتريت ومن ثم ترشح إلى المياه الجوفية [2,1].

كما تنتج للمستويات العالية من النترات في مياه الآبار أيضاً عن الإنشاء غير الصحيح للبئر أو التخلص الخاطئ لمخلفات الحيوانات والمعالجة غير الكاملة لمياه الصرف البلدية والصناعية [3].

كما أن الآبار الضحلة والينابيع بشكل خاص تكون أكثر عرضةً للتلوث بالنترات وقد يصل النترات إلى المياه الجوفية من عمليات التصنيع الكيميائي أو النترات الناتج عن النفط [4].

كما يجب أن يمتد قميص البئر إلى فوق الأرض فإذا قطع القميص تحت الأرض يجـــب القيـــام بلحـــم توسعة فوق رأس القميص القائم. وتضم الحماية للبئر أيضاً حقن الإسمنت حول خارج قميص البئـــر ووضـــع الإسمنت حول رأس البئر [6,5] .

1-2- معايير النترات المسموحة لمياه الشرب:

في عام 1974 أقر الكونغرس الأمريكي قانون مياه الشرب الآمنة وطلب بموجب هذا القـــانون مـــن الوكالة الأمريكية لحماية البيئة أن تحدد المستويات الآمنة للمواد الكيميائية في مياه الشرب والتي قد تـــسبب أو تحدث مشاكل صحية . وإن المستويات غير المفروضة بالقوة والقائمة على مجرد الأخطار الصحية المحتملـــة تدعى أهداف مستوى التلوث الأعظمي.

وقد وضعت هذه الأهداف للنترات عند مستوى 1000000/10 من نتـــروجين النتـــرات ونتـــروجين النتريت عند 1000000/1 وذلك لأن الوكالة البيئية تعتقد أن هذا المستوى من الحماية ســـوف لا يـــسبب أي مشكلة صحية محتملة من المشاكل التي سنذكرها لاحقاً.

وبناء على تلك الأهداف قامت الوكالة البيئية بوضع معيار غير قابل للفرض يسمى مستوى التلوث الأعظمي ما أمكن ذلك آخذة بعين الاعتبار قدرة أنظمة المياه العامة على كشف وإزالة الملوثات باستخدام تقنيات معالجة مناسبة [7].

1-3- الآثار الصحية لتجاوز معايير النترات المسموحة في مياه الشرب:

لقد سببت المستويات المفرطة للنترات في مياه الشرب أمراضاً خطيرة وأحياناً أدت إلى الوفاة وتكون أكثر الأمراض خطورة لدى الأطفال حيث يصاب الأطفال بمرض يعرف (Methemoglobin) والذي يعرف باسم " متلازمة الطفل الأزرق " والتي يمكن أن تؤثر على الأطفال بعمر أقل من ستة أشهر ، حيث تحول البكتريا الأولية التركيز العالي للنترات في معدة الطفل إلى نتريت، يتنافس النتريت بعدها مع الأكسجين في المناطق الفاعلة في خضاب الدم مما ينتج عنه نقص الأكسجين، ويتعرض الأطفال لهذا الأثر بسبب عدد من العوامل الفيزيائية تتضمن شرب كثير من السوائل بالنسبة لوزن جسمهم، نسبة عالية من خضاب الدم الجنيني وقيمة للـ PH عالية في المعدة تسمح باستمرار حياة البكتريا التي تقوم بإرجاع الأكسجين. وهذه قد تكون حالة خطيرة حيث تتدهور صحة الطفل بسرعة على مدى فترة قصيرة من الأيام.

ومن الأخطار الصحية الأخرى المتعلقة بالتركيز العالي للنتروجين خطر داء السرطان والتشوهات الولادية حيث يتحد النترات مع الأمين ليشكل نتروزآمين والذي يشك باحتمال كونه من المواد المسرطنة وأيضاً كثرة البول و نزف الطحال وكما هو معروف فإن النترات غير قابلة للتبخر وإن الغليان المديد لمياه حاوية على تركيز مقبول من النترات قد ينقل هذا التركيز إلى قيمة غير مقبولة [7و8].

1-4- آلية وصول النتروجين إلى المياه الجوفية:

<u>**دورة النتروجين في الأرض [9]:**</u>

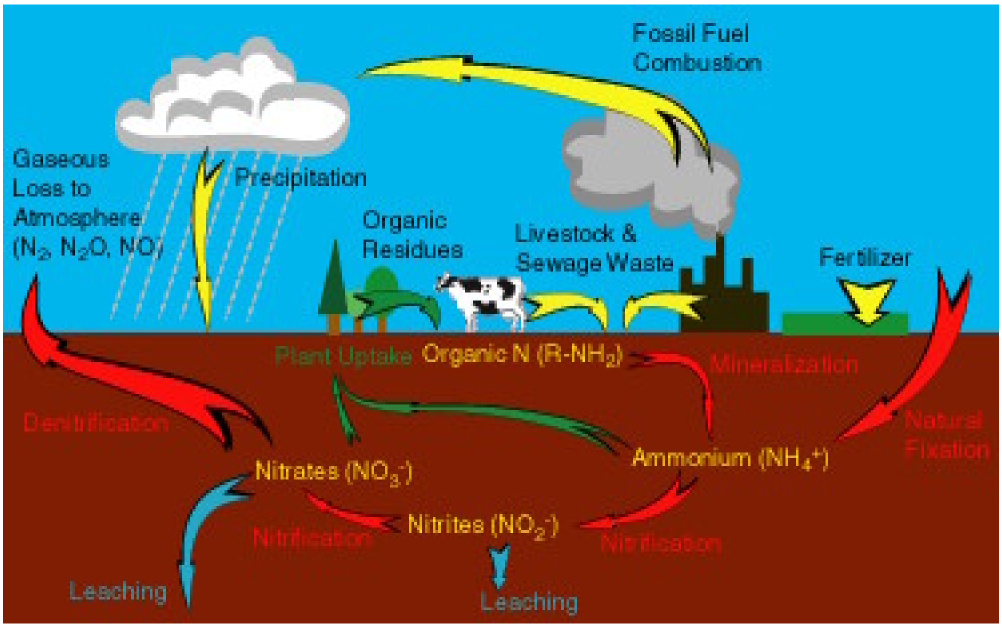
إن النتروجين بالرغم من فعاليته الكيميائية الضعيفة بالمقارنة مع الأكسجين إلا أنه المكون الأساسي للـ RNA , DNA والبروتينات التي تؤلف الأجسام الضرورية الموجودة في بروتوبلازم النبات والحيوان وجميع أنواع الكائنات الحية الدقيقة (المتعضيات).

وعلى الرغم من أن الهواء الذي نتنفسه يحتوي أكثر من 79% منه على غاز النتروجين (N_2) فإن معظم النتروجين في الغلاف الجوي لا تستطيع الكائنات الحية أن تستخدمه كغذاء لها بشكله الحر وذلك بسبب الروابط القوية بين الذرات في جزيء النتروجين (N_2) الأمر الذي يجعله خاملاً نسبياً. ولكي تكون النباتات والحيوانات قادرة على استخدام النتروجين يجب أن يتحول غاز النتروجين إلى أشكال كيميائية أخرى مثل

(الأمونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- أو النتروجين العضوي مثل (اليوريا $(NH_2)_2Co$)) المخزونة في التربة والتي يمكن أن ترشح من التربة إلى المياه الجوفية.

ويوجد النتروجين بشكل نتروجين عضوي في السماد الحيواني والمخلفات البشرية وجذور النباتات و البقوليات حيث أن المنتجات العضوية تتحول إلى مواد تربة عضوية تدعى الدبال. أما الشكل غير العضوي للنتروجين فيأتي من المعادن المضافة إلى التربة كالأسمدة.

وبما أن النتروجين مادة مغذية نباتية من أجل إنتاج المزروعات فهو يتجمع في التربة أثناء عملية تشكلها فتحوي تربة المروج الخضراء $(15\text{-}25)gr/m^2$ من النتروجين العضوي فعندما تتم حراثة الأرض فإن محتوى المادة العضوية يتأكسد ويتم نقل النتروجين إلى نترات فإذا لم يتم استخدامه في نمو المزروعات يكون عرضة للنفوذ من خلال التربة وذلك بسبب قابلية انحلاله الكبيرة ضمن المياه ويبين الشكل (1-1) دورة النتروجين في الطبيعة .



الشكل (1-1) دورة النتروجين.

تحدث عملية النترجة الحيوية في الطبيعة تلقائياً وتبدأ العملية بتثبيت (Fixation) النتروجين الجوي وتحوله من الشكل الغازي إلى الأمونيوم والذي ينحل في التربة وذلك بمساعدة العوامل الجوية (رعد – برق) وهي الطريقة الوحيدة التي من خلالها تستطيع الكائنات الحية للحصول على النتروجين مباشرة من الجو وتوجد أنواع معينة من البكتريا مثل أجناس (Rhizobiom) تكون قادرة على تثبيت النتروجين مباشرة من الجو من خلال عملية التمثيل الغذائي وغالباً ما تشكل البكتريا المثبتة للنتروجين علاقات تكافلية مع النباتات المضيفة مثل النباتات البقولية (الفاصولياء – البازلاء – البرسيم) حيث تتعايش البكتريا مع جذور النباتات البقولية وتقوم بنزع ذرات الهيدروجين وتحويل مركبات الأمونيوم إلى شوارد النتريت والتي تتم أكسدتها

بمساعدة البكتريا لتتحول إلى نترات وتقوم بكتريا أخرى بتحويل النترات إلى الشكل الغازي من خلال عملية إزالة النترات:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

وتكون المركبات الثلاثة الأخيرة مركبات غازية تنطلق إلى الهواء ثانية فتكتمل بذلك دورة النتـــروجين في الطبيعة[9] .

الفصل الثاني

طرق معالجة المياه الملوثة بالنترات

2-1- تقليل أخطار التلوث بالنترات [11,10] :

إن تحليل المعطيات المتوفرة عن دراسات الآبار المختلفة تبين أن إبعاد البئــر عــن مــصدر التلــوث بالنتروجين مثل أحواض التحليل ومخازن الأسمدة وحظائر المواشي مسافة 130 m (400ft) تقريباً تقلل خطر انتقال النترات إلى المياه الجوفية. كما ويجب أن تكون مرافق الثروة الحيوانية مصممة بحيث يتم نقل الجريان بعيداً عن آبار المياه الجوفية .

كما وجد أن الأراضي التي تزرع بشكل متقطع تشكل خطراً أكبر بسبب ارتشاح النترات منها إلى المياه الجوفية ولذلك يجب إزالة المخلفات العضوية وبقايا المحاصيل لتقليل انتقال النترات إلى المياه الجوفية. ويمكن اتخاذ عدة إجراءات لتقليل خطر التلوث بالنترات:

1- تقدير كمية السماد النتروجيني اللازم للمحاصيل الزراعية واستخدامه بشكل دقيق.

2- معرفة مدى نفاذية التربة و معرفة التوقيت اللازم لاستخدام الأسمدة النتروجينية وينبغــي تطبيــق السماد النتروجيني في الوقت الذي يتم فيه سرعة نمو النبات.

3- يجب أن تكون مخازن الأسمدة محمية بشكل صحيح لمنع تسرب النترات إلى المياه الجوفية.

4-الموقع الصحيح والمناسب والتصميم والتنفيذ الصحيحين لأنظمة الصرف الصحي يمنع أو يخفــف بشكل كبير مخاطر تلوث المياه الجوفية بالنترات.

5- التنفيذ الدقيق والصحيح لآبار المياه الجوفية .

2-2- منع مصادرالتلوث [1,3]:

على المدى الطويل فإن منع تلوث المياه الجوفية بالنترات عند المصدر المائي أكثر فاعلية واقتصاداً من معالجة المياه الملوثة بالنترات . لذلك يجب الإلمام بمصدر النترات و الابتعاد عنه كلما أمكن ذلك فالمياه السطحية التي تكون على تماس مع مصدر للنترات ومن ثم ترشح نحو الأسفل وعبر التربة هي التــي تقــوم بحمل النترات إلى المياه الجوفية، والآبار السطحية هي التي تكون عرضة للتلــوث بــالنترات. وقــد تتغيــر مستويات التلوث بالنترات خلال أوقات العام وذلك حسب مصدر التلوث.

كما يمكن اتخاذ بعض الإجراءات لحماية بئر ما من التلوث المباشر من قبل المياه الــسطحية كبنــاء خنادق أرضية لتحويل الجريان السطحي للأمطار الهاطلة عن رأس البئر.

2-3- طرق معالجة المياه الملوثة بالنترات:

يمكن أن تعالج المياه الجوفية الملوثة بالنترات بالطرق الفيزيائية – الكيميائية وبالطرق البيولوجية.

2-3-1 الطرق الفيزيائية – الكيميائية لإزالة النترات:

من أكثر الطرق الفيزيائية –الكيميائية لإزالة النترات شيوعاً طريقة التبادل الأيوني والترشيح الغشائي والديلزة الكهربائية والتقطير .وهي طرق معروفة وسهلة وتجتمع كلها على مبدأ واحد هو نقل التلوث من السائل الملوث إلى سائل أكثر تلوثاً يحتاج إلى التخلص منه وقد يصل مرة ثانية إلى المياه الجوفية أي أنها تنتج كميات من الماء بتركيز للنترات عالٍ وبتراكيز عالية من الكلوريدات والكبريتات و إن التخلص من هذه السوائل المالحة عملية مكلفة وقد تسبب مشاكل بيئية [12و13].

2-3-1-1 إزالة النترات بالتبادل الأيوني[1,14]:

Nitrates removal by Ion exchange

وتتم هذه الطريقة بإمرار الماء الملوث على رزين التبادل الأنيوني الذي ينزع من الماء شوارد الكبريتات والنترات ومن ثم يجدد عندما يصبح مشبعاً بهذه الشوارد وأمثالها ليعود بعد غسله إلى العمل مرة ثانية وهي أكثر الطرق استعمالاً لإزالة النترات وتخضع هذه الطريقة لعدة شروط ومنها:

1- إن قيمة (SS) للماء الذي يجب معالجته يجب أن تكون أقل من (1mg/l) وخلافاً لذلك فإن المواد الصلبة العالقة المحجوزة في سرير التبادل الأيوني سوف تؤدي إلى ضياعات حمولة كبيرة وإلى غسيل متكرر للسرير وإلى اهتراء مبكر للرزين.

2- يجب أن يدقق التركيب الأيوني للماء بصرف النظر عن شوارد (NO_3^-) إذ أنه عندما يجدد الرزين بكلوريد الصوديوم فإن الرزين سيحتجز أيضاً شوارد SO_4^{2-}وبعضاً من شوارد HCO_3^- ويستبدلهم بشوارد Cl^- وبالتالي فإن تركيز شوارد Cl^- في الماء المعالج يمكن أن يصبح كبيراً. بعض أنواع الرزينات تقاوم هذه المشكلة بأنها تحتجز النترات في المقام الأول ولكن سعتها التبادلية هي أقل.

3- يجب أن تؤمن إزالة لمحلول التجديد الذي يحتوي على النترات والكبريتات من الماء الخام بالإضافة إلى جزء من شوارد البيكربونات ونسب عالية من كلور الصوديوم المستعمل للتجديد ومن المفضل أن نؤمن قناة خاصة لتصريف هذا السائل.

4- يجب أن ندقق تأثير درجة حرارة الماء المعالج.

والعملية التي تحدث هي عبارة عن مبادلة أيونات الكلور بأيونات النترات والكبريتات في الماء . وبعد معالجة كمية من المياه فإن رزين التبادل سوف يطرد الكلور وآنذاك نحتاج إلى إعادة تجديد رزين التبادل بمحلول مركز من كلور الصوديوم أو أي مادة ملائمة أخرى.

عيوب التبادل الأيوني:

نظراً لأن الراتينج يفضل تبادل الكبريتات فإن المياه ذات الكبريتات العالية تعيق تبادل النترات وتقلل من فاعلية النظام. وإذا أصبح الراتينج مشبعاً فإنه يطلق النترات مكان الكبريتات مما يؤدي إلى تركيز متزايد من النترات في المياه المعالجة ، وأيضاً التبادل الأيوني للنترات قد يجعل من الماء عامل تآكل وأخيراً قد تكون تكاليف التبادل الأيوني باهظةً ويتطلب صيانة، وطالما أن كمية الملح ستكون عالية في عملية إزالة النترات بالتبادل الأيوني فإنه ينبغي أخذ العناية بمخلفاته [1].

2-3-1-2 إزالة النترات بالتناضح العكسي[1]:

Nitrates removal by Reverse Osmois

إن التناضح العكسي هو آلية معالجة أخرى حيث عندما تدخل المياه الوحدة بفعل الضغط تدفع باتجاه سلوفان يشبه صفيحة بلاستيكية أو سيللوز ويدعى أيضاً غشاء نصف نفوذ يعمل هذا الغشاء على وضع الأيونات مثل النترات في جانب ويسمح بالمياه الخالية من الأيونات بالمرور عبر الغشاء ويتطلب التناضح العكسي حوض ترسيب وحوض تخزين وغشاء ومرشح كربون منشط.

إن عملية التناضح العكسي تقلل النترات بنسبة (83-98)% لكن معدلات الإزالة الفعلية تتبدل طبقاً للجودة الأولية للمياه وضغط النظام (الجهاز) ودرجة حرارة المياه وبالرغم من أن التناضح العكسي قد يكون مزيلاً فاعلاً للنترات إلا أن له عدة مساوئ منها:

1- التكلفة البدائية العالية جداً (300-900) دولاراً لكل متر مكعب في اليوم.

2- التكاليف العالية للطاقة من أجل التشغيل.

3- عملية بطيئة فأحياناً تنتج عدد من اللترات فقط باليوم من المياه النقية وتكون نسبة المياه المصروفة (90%) وهذا خاص بالأنظمة ذات الضغط المنخفض.

4- تزداد درجة حموضة المياه نتيجة هذا النظام بسبب إزالة القلوية المنحلة في الماء حيث تصبح قيمة PH متراوحة (بين 5.8 وبين 6) [1].

2-3-1-3 إزالة النترات بالتقطير[1] :

Nitrates removal by Distillation:

يعتبر التقطير طريقة تقليدية لإزالة المعادن والملوثات الأخرى من المياه ، حيث تغلى المياه وتبرد وتكثف فتكون المياه المكثفة خالية من المواد الصلبة والأملاح والمعادن الثقيلة وأي شيء لا يتبخر والغلي يقوم بالتخلص من الكائنات الحية الدقيقة.

إن لأجهزة التقطير حدوداً وكما هو الحال في التناضح العكسي فإن التقطير عملية بطيئة كما أن التقطير يستخدم طاقة أكبر وينتج حرارة ترهق المكيفات الهوائية في أشهر الصيف وأخيراً تلك الوحدات تتطلب تنظيفاً متكرراً لإزالة التكلس المتراكم [1].

2-3-1-4 الترشيح الكهربائي العكسي EDR [8]:

هو عملية تستخدم رزين تبادل الشوارد على شكل صفائح من عناصر مجمعة إلى عناصر متكدسة ويستخدم في هذه الطريقة حقل كهربائي مباشر DC قابل للانعكاس حيث يطبق هذا الحقل من خلال عناصر متكدسة لإزالة الشوارد المنحلة ويجب أن تتألف هذه العناصر من أغشية تنتقي الشوارد وتنقلها إن كانت موجبة أو سالبة، ومباعدات – موجهات للتدفق والكترودات (أقطاب كهربائية) في كل نهاية لمجموعة عناصر.

يجري الماء بشكل صفائح رقيقة داخل الأغشية وبتأثير تطبيق حقل كهربائي DC ، تهاجر الشوارد نحو القطب الكهربائي المعاكس لها في الشحنة وتمر من خلال الأغشية.

وتزيل محطة ذات أربع مراحل (83%) من المعادن والنترات الداخلة وعلى مسار إزالة الشوارد المشحونة في المحلول، يزيل الترشيح الكهربائي العكسي النترات والنتريت.

لا يؤثر نظام EDR على درجة حموضة المياه PH حيث أن درجة حموضة المياه الداخلة تساوي تقريباً درجة حموضة المياه الخارجة من هذا النظام.

وتتضمن محاسن عملية الترشيح الكهربائي العكسي EDR:

1- عملية تنظيف ذاتي للغشاء.

2- كلفة تشغيل وصيانة منخفضة.

3- عمر طويل للغشاء.

4- استخدام منخفض للمواد الكيميائية.

5- لا توجد فضلات ناتجة.

وإن المشاكل الثانوية بالنسبة للانسداد الحيوي بسيطة وليست ذات تأثير ولم تنتج عن عمليات التنظيف أي مشاكل.

2-3-2 إزالة النترات بالعمليات البيولوجية [15,14]:

Nitrates removal by Biological Processes:

إزالة النترات بالطريقة البيولوجية هي العملية التي يتم فيها تحويل النترات إلى نتروجين غازي في ظروف منقوصة الأكسجين ويكون النترات في هذه الظروف كمستقبل الكترون من أجل أكسدة المواد العضوية.

أظهرت العمليات البيولوجية أنها أكثر العمليات فائدة من ناحية الكفاءة والكلفة ،هذه التكنولوجيا تستعمل إما البكتريا ذاتية التغذية (Autotrophic Bacteria) أو البكتريا عضوية التغذية (متباينة التغذية) (Heterotrophic Bacteria) [14]. حيث تتميز البكتريا ذاتية التغذية ببطء العملية وضعف مردودها [15].

وإن المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة بالنترات باستعمال البكتريا يمكن أن تتم بتنمية هذه البكتريا بشكل معلق بالماء الأمر الذي يستعمل بشكل شائع في تخليص مياه المجاري من النترات في الأحواض المنقوصة الأكسجين [16]. أو يمكن أن تتم بتنمية هذه البكتريا على سطح حامل للبكتريا بشكل غشاء بكتري بما يسمى بالنمو الملتصق (Attached growth)وباستعمال الكربون والنتروجين والفوسفور كمغذيات للبكتريا في شروط منقوصة الأكسجين أيضاً حيث ترجع هذه البكتريا النترات وتنقله إلى نتريت ثم إلى أكسيد النتريك ثم إلى أكسيد النتروز ثم إلى نتروجين حسب المعادلة التالية:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^{\ -} \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

وتستعمل البكتريا أكسجين المركبات الأربعة الأولى كمستقبل الكترون بينما تقوم المركبات العضوية المضافة كمغذيات بدور مانحة الكترونات لتزويد البكتريا بالطاقة وقد أظهرت البحوث أن هذا الأمر يتم عند تراكيز منخفضة من DO في ظروف منقوصة الأكسجين [17].

ولم تذكر المراجع حدوداً لهذه التراكيز وإنما يتبع هذا الأمر لنوعية المياه المعالجة .

وفي جميع حالات المعالجة البيولوجية (Biological treatment) فإن النترات تنتقل من مادة ملوثة للماء إلى غاز نتروجين ينطلق إلى الهواء الجوي [18].

ويوجد العديد من العمليات البيولوجية لإزالة النترات بالنمو الملتصق منها السرير المميع والسرير المرصوص والأقراص البيولوجية الدوارة.

ولقد اخترنا في دراستنا لإزالة النترات الأقراص البيولوجية الدوارة لدراسة إمكانية تطبيقها في مجال معالجة المياه الجوفية الملوثة بشوارد النترات، وهي طريقة تتميز بسهولة التشغيل وبساطة الإنشاء وكفاءة المعالجة ومناسبة لاستخدام المجتمعات الصغيرة وهي اقتصادية أيضاً [20,19]، ويمكن أن يستخدم الميتانول كمصدر أساسي للكربون لكن أظهرت التقارير أنه يمكن أن يكون له تأثيرات سامة [19].

كما يمكن أن نستخدم الإيتانول وحمض الخل بسبب توفرهما في الأسواق ويعتبر حمض الخل قابل للتفكك العضوي بسهولة أكبر كمصدر للكربون من الميتانول والسكر [19]، كما يمكن أن نستعمل المولاس كمصدر كربوني لتأمين الطاقة والاستقلاب للخلية الجرثومية التي تقوم بعملية استهلاك NO_3^- من الماء وتحويله إلى خلية في حالة الاستقلاب أو إلى غاز N_2 في معادلة الطاقة حيث يتم التفاعل بوجود حمض الخل بالشكل[15,14] :

$$8NO_3^- + 5CH_3COOH \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$$

أما بوجود الايتانول فيتم تفاعل الحصول على الطاقة كما يلي [22,15,14]:

تفاعل الحصول على الطاقة:

$$12NO_3^- + 5C_2H_5OH \rightarrow 6N_2 + 10CO_2 + 9H_2O + 12OH^-$$

أما بوجود الميتانول فتتم التفاعلات بالشكل التالي[21]

تفاعل الطاقة المرحلة الأولى:

$$6NO_3^- + 2CH_3OH \rightarrow 6NO_2^- + 2CO_2 + 4H_2O \qquad (1)$$

تفاعل الطاقة المرحلة الثانية:

$$6NO_2^- + 3CH_3OH \rightarrow 3N_2 + 3CO_2 + 3H_2O + 6OH^- \qquad (2)$$

أو بالشكل لعملية التركيب:

$$3NO_3^- + 14CH_3OH + CO_2 + 3H^+ \rightarrow 3C_5H_7O_2N + 19H_2O$$

وفي الواقع فإن (25% - 30%) من كمية الميتانول المطلوبة من أجل الطاقة تتطلب من أجل التركيب لخلية جديدة.

2-3-2-1 وصف الأقراص البيولوجية الدوارة:

Rotating Biological contactors

<u>بالنسبة لمياه الصرف [16]</u> :

تتألف من صفوف من أقراص التماس بشكل متتابع خلف بعضها البعض من كلور البوليفينيـــل أو مـــن البوليسترين أو مواد أخرى ، تغمس هذه الأقراص في المياه التي تتم معالجتها إلى عمق معين وتدور بـــبطء بحيث تلامس الأقراص مياه الصرف والهواء معاً على التتابع وباستمرار.

وصف العملية:

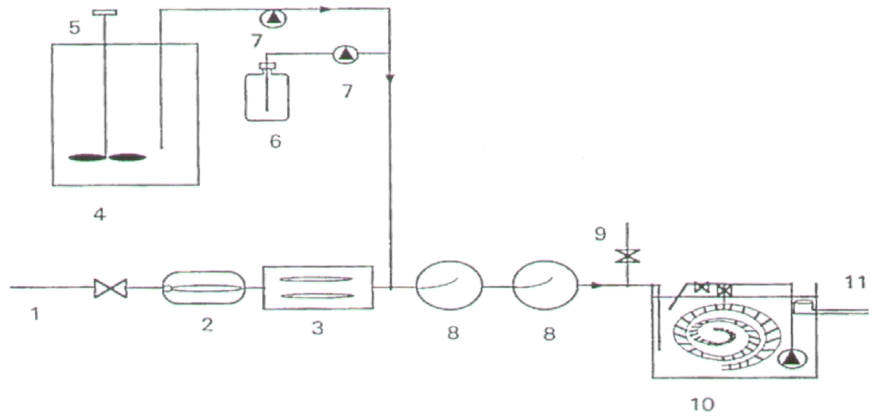
يؤدي دوران الأقراص إلى نمو بيولوجي ملتصق على سطح الأقراص يؤدي إلى تشكل طبقة من غشاء بيولوجي على المساحات السطحية الرطبة الكلية للأقراص.

وبالدوران المتعاقب للأقراص تتلامس الكتلة الحيوية المتشكلة على سطح القرص مع المادة العــضوية الموجودة في مياه الصرف حيث تستخدم الكائنات التي تعيش في الغشاء البيولوجي المادة العضوية الموجــودة في مياه الصرف كغذاء.

ويتم امتصاص الأكسجين من الهواء وبهذا يتم إزالة النفايات من المياه المعالجة وعند مـــرور الكتلـــة الحيوية (الغشاء البيولوجي) من خلال المياه التي تتم معالجتها يتقشر (ينسلخ) جزء منها عن الأقراص أثنـــاء دورانها لتتدفق أجزاء من هذا الغشاء مع المياه إلى أحواض الترسيب الثانوي.

<u>أما بالنسبة للمياه الجوفية[23] :</u>

تتم إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقـــة البيولوجيـــة وباســـتعمال البكتريـــا عـــضوية التغذيـــة (Heterotrophic Bacteria)التي تستعمل الكربون والنتروجين لأيضها حيث تحصل البكتريا على طاقتهـــا من المغذيات الغنية بالكربون وتستعمل الكربون آنذاك كمانح الكترون وفي الظروف المنقوصـــة الأكـــسجين تحصل هذه البكتريا على الأكسجين من إرجاع النترات والنتريت في الماء إلى أكسيد النتريك ثم إلـــى أكـــسيد النتروز ثم إلى نتروجين كما هو مذكور أعلاه وذلك بالنمو الملتصق للبكتريا على سطوح أقراص بيولوجيـــة دوارة كما في الشكل (2-1) حيث تم تنفيذ هذا الشكل المخبري في انكلترا في جامعة Newcastle [23] .



Experimental set-up for the anoxic rotating biological contactor.
1-Tap water; 2-Flow meter; 3-Temperature control; 4 -Nitrate and other inorganic material; 5-Mixer; 6-Organic carbon; 7- pump; 8-Mixing device; 9-Inlet sampling port; 10-RBC reactor; 11-Outlet sampling port

1- مأخذ المياه 2- مقياس التدفق 3- ضبط درجة الحرارة 4- حوض الماء الملوث بالنترات

5-خلاط 6- حوض تخزين وإضافة مغذي الكربون العضوي 7-مضخة تجريع 8-تجهيزات المزج 9- مأخذ عينة الدخول10 -مفاعل RBC 11- مأخذ عينة الخروج.

الشكل (2-1) مخطط يبين شكل المفاعل المخبري RBC الذي استعمل في جامعة نيوكاستل في انكلترا

وتختلف الأقراص البيولوجية الدوارة المستعملة لإزالة النترات عن ما هو مستعمل لإزالة الكربون العضوي من مياه المجاري أن الأولى (المستعملة لإزالة النترات)توضع مغمورة في الماء الخام في مفاعل مغطى بالبوليسترين لتقليل انتقال أكسجين الهواء عبر سطح المفاعل ولتحقيق الظروف منقوصة الأكسجين أما ما هو مستعمل لمياه المجاري فيغمر جزء من القرص البيولوجي في الماء الخام لتأمين تعرضه المتناوب إلى الهواء أثناء دوران القرص . وفي الحالتين يدور القرص البيولوجي بسرعة بطيئة (2 دورة في الدقيقة) مما يؤدي إلى تشكل غشاء بيولوجي من البكتريا ومنتجاتها على السطوح الخشنة للأقراص كما هو مبين في الشكل (2-1)[23] . ومع تزايد سماكة هذا الغشاء البيولوجي تصبح الطبقة الداخلية منه بعيدة عن مصدر الغذاء والأكسجين وبالتالي تتقشر دورياً عن سطح القرص بتأثير قوى القص بين الماء في المفاعل وبين القرص الدوار ليجري نقل الماء إلى مرسب نهائي يتم فيه التخلص من الكتلة الحيوية المنقشرة ، وليتم تعويض دائم لأجزاء الغشاء البيولوجي المنقشرة عن سطوح الأقراص ، ولتبقى العملية مستمرة بإذن الله تعالى .

2—3—2-2: تأثير التركيز الابتدائي على عملية إزالة النترات بالمعالجة البيولوجية فـي مفاعـل الأقراص البيولوجية الدوارة:

"1-بوجود حمض الخل [19].

عند استخدام حمض الخل كمصدر للكربون فإنه يمكن الحصول على كفاءة إزالة متناقصة للنترات مع تزايد تراكيز النترات في الماء الخام إذ يختلف تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة من (250-40)mg/l عندما تتراوح حدود التحميل من $(476\text{-}76)mg/m^2.h$ وتقل القيمة الوسطية لكفاءة إزالة نتروجين النترات من 99% إلى 83% بالتوازي مع زيادة تراكيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة من 40mg/l إلى 250mg/l وذلك تحت تراكيز أمثلية لحمض الخل. ويقل مدى كفاءة الإزالة الوسطية من% 92 إلى 66% وذلك عندما تكون مصادر الكربون (حمض الخل) محدودة وذلك في نفس مجال تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة.

يختلف تركيز نتروجين النتريت في الماء الخارج من المعالجة من (1.5mg/l - 0.05mg/l) وذلك في الظروف التي يكون تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني غير محدود لكن تتراوح تراكيز النتريت الخارجة من (6-8mg/l) من أجل تراكيز للنتروجين في الماء الداخل إلى المعالجة من 200-250)mg/l) بالترتيب.

وجد Bockle [24] أن كفاءة إزالة النترات باستخدام حمض الخل كمغذي كربوني كانت عالية، حيث أنه أكثر من 91.5% من كفاءة إزالة النترات تحققت مع تراكيز لنتروجين النترات الداخل إلى المفاعل بحدود 130mg/l .

تشير الدراسات إلى أن كفاءة إزالة النترات تعتمد على الإرجاع المطلوب من محتوى النترات ومواد أخرى (عضوية) مسموحة في المياه الخارجة من المفاعل.

تم الحصول على كفاءة إزالة للنترات في الماء الخارج من المفاعل تقريباً 100% في تراكيز 100mg/l لنتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة وزمن مكوث هيدروليكي مقداره (9) ساعات ويشير التركيز المنخفض للنتريت إلى أن معظم النترات أرجعت بشكل كامل إلى غاز النتروجين غير الضار ويشير النتريت إلى أنه العامل الرئيسي في عملية إزالة النترات بسبب تأثيره السام على الصحة البشرية في هذه الدراسة وجد أن تركيز نتروجين النتريت في الماء الخارج من المفاعل هو (0.9mg/l) من أجل تركيز لنتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة (100mg/l) وهذه القيمة لنتروجين النتريت أقل من توصيات الصحة العالمية 1mg/l. [26,25]

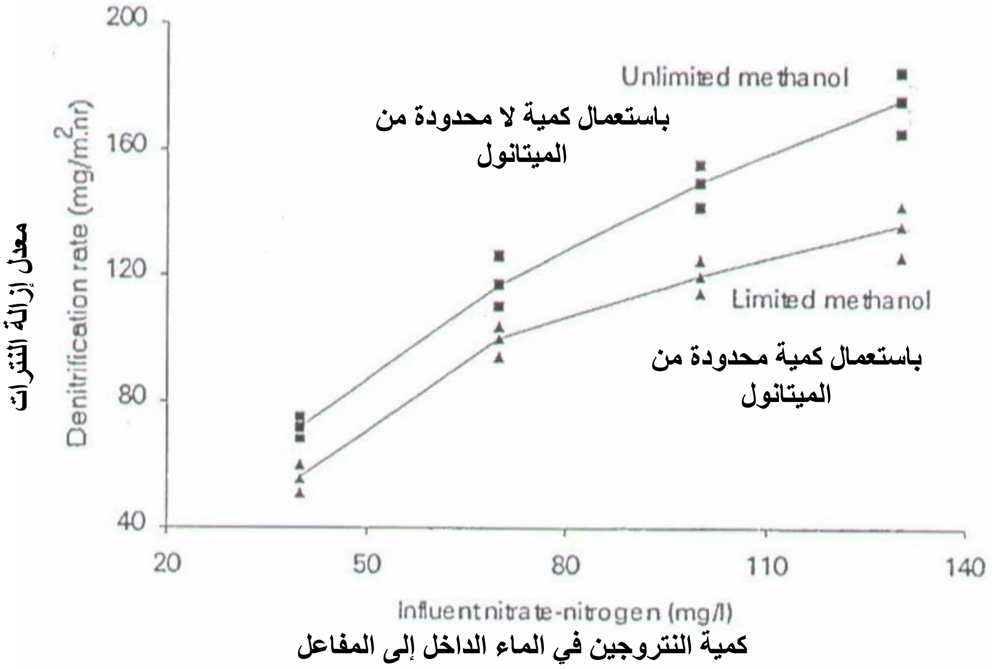
إن استخدام حمض الخل كمانح الكترون يمكن أن يكون له تأثير هام على إنتاج النتريت في المفاعل.

وقد أكدت أهمية مصدر الكربون على إنتاج النتريت من قيل ويلدر 1987[27] وعندما يُستخدم السكر كمصدر للكربون في هذه الدراسة يحصل تراكم كبير من النتريت لكن عندما يتغير مــصدر الكربــون إلــى الأسيتات يقل تركيز النتريت الخارج إلى تراكيز منخفضة جداً.

2"-: تأثير تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل للمعالجة بوجود الميتانول كمصدر للكربون [28]:

إن كفاءة إزالة النترات في مفاعل RBC تابع لنسبة تحميل نتروجين النترات الداخل ولنسبة الميتــانول إلى نتروجين النترات.

يزداد معدل إزالة النترات في الــ $m^2.h$ عند زيادة نتروجين النترات الــداخل بوجــود الميتــانول كمصدر للكربون وذلك عندما يكون الميتانول غير محدود، وعند تحميل أعلى للنترات تقل نسبة إزالة النترات في نفس شروط الميتانول . وجد أن معدل إزالة النترات الأعظمية في هذه التجــارب هــي (175mg/m^2.h) حسب الشكل(2-2) التالي :



الشكل(2-2) علاقة معدل إزالة النترات $mg/m^2.h$ مع اختلاف تركيزنتروجين النترات الداخل ومع اختلاف شروط الميتانول المقدم كمصدر كربوني

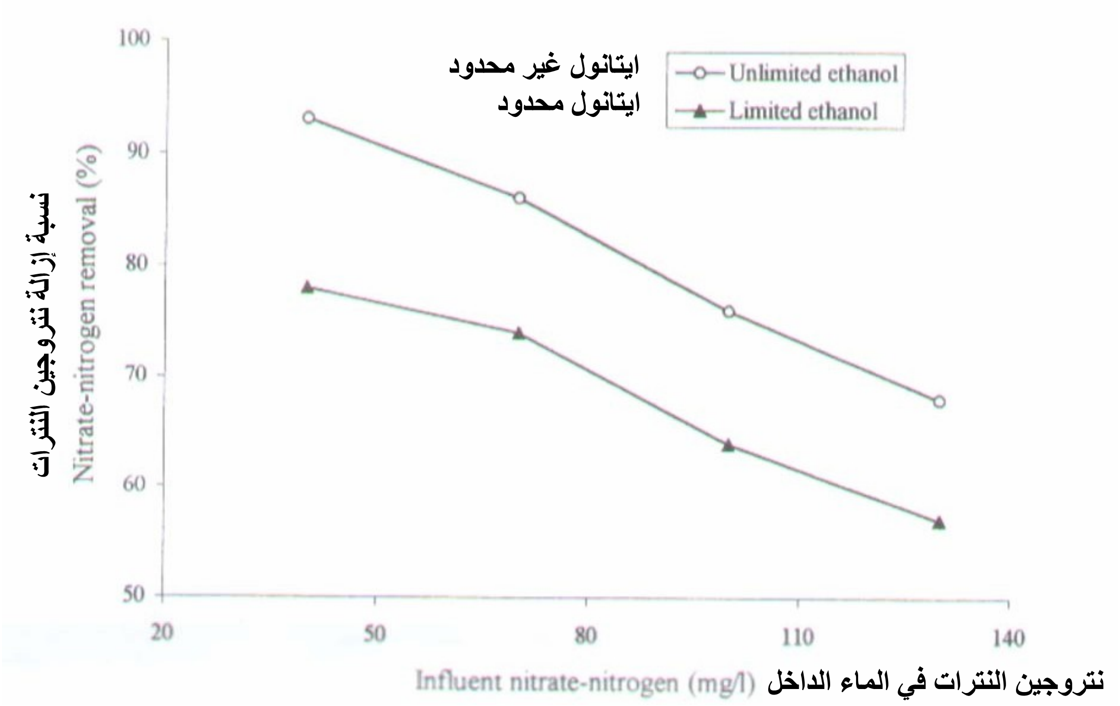
حيث أن أعظم إزالة لنتروجين النترات حصلت عندما كان تركيز نتــروجين النتــرات الــداخل هــو 40mg/l وبازدياد تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة من mg/l(40إلى 130) تناقصت نسبة الإزالة من (% 97.3 حتى 76%):

تتراوح تراكيز نتروجين النتريت الخارج بين mg/l (0.41 – 5.8) من أجل نتروجين نترات داخل يتراوح بين mg/l (40-130) .

إن التراكيز البدائية المنخفضة لنتروجين النتريت في مفاعل RBC من أجل نتروجين نترات داخل أقل من 70mg/l تشير إلى أن معظم النترات يتحول إلى غاز النتروجين غير الضار.

3"– تأثير تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة بوجود الإيتانول كمصدر للكربون [23]:

عند اختلاف تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل للمعالجة من mg/l(40-130) وبالمحافظة على تدفق ثابت l/h 150تقل كفاءة إزالة نتروجين النترات بزيادة نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة وذلك حسب الشكل التالي (2–3):



الشكل (2–3) كفاءة إزالة نتروجين النترات عند اختلاف تركيز النترات الداخل وفق اختلاف شروط الإيتانول

ويكون معدل إزالة النترات الأعظمية في الـ $m^2.h$ الذي تم الحصول عليه من هذه الدراسة$168mg/m^2.h$ بتركيز نتروجين نترات داخل 130mg/l وكفاءة إزالة موافقة لذلك 68%.

2–3–2–3: تأثير معدل تحميل نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة عند تغير HRT [20,23]

في المرحلة الأولى لمعرفة نسب التحميل الأعظمية يتم زيادة التحميل بإنقاص زمن الحجز الهيدروليكي من 22 ساعة إلى (3.7) ساعة وبتركيز ثابت لنتروجين النترات في الماء الداخل للمعالجة (40mg/l) ومعدل

تدفق يتراوح بين l/min (1-6) ويتم إضافة الميتانول كمصدر كربون عضوي وتكون نسبة M/N تقريباً (4:1) لتأمين تركيز غير محدود (كبير) من الكربون العضوي للنمو الميكروبيولوجي.

وتبين أن كفاءة إزالة نتروجين النترات تتناقص بزيادة نسبة تحميل النترات الداخل بالاعتماد على إنقاص زمن الحجز الهيدروليكي (HRT) وذلك متوقع لأنه يتم تحقيق نسب تحميل أخفض بأزمنة تماس أعلى بين الكتلة الحيوية ونتروجين النترات. وبأزمنة حجز أقل يصبح زمن التماس غير كافٍ بين البكتريا المزيلة للنترات والمادة العضوية وبذلك تقل كفاءة إزالة النترات.

ونلاحظ أنه بزيادة نسبة التحميل لنتروجين النترات من $mg/m^2.h$ (30.4إلى182.2) يزداد معدل إزالة نتروجين النترات من $mg/m^2.h$(30 إلى135.6) وبالتالي تتناقص كفاءة الإزالة من (98.8% إلى72.5%).

تختلف كفاءة الإزالة لنتروجين النترات من 93.6% بزمن حجز 7.3 ساعة إلى 98.8% بزمن حجز 22 ساعة. وتقل بشكل ملحوظ عندما يقل زمن الحجز عن (8.8) ساعة.

2-3-2-4: تأثير نوع المصدر الكربوني على نسبة C/N [20]:

لتحديد الكمية الواجب إضافتها من الكربون لإزالة نتروجين النترات بكفاءة تم دراسة كفاءة مفاعل RBC بنسب كربون إلى نسب مختلفة لنتروجين النترات لكل مصدر كربوني حيث تعتمد نسبة الكربون العضوي إلى نتروجين النترات المزال على نوع مصدر الكربون العضوي وتركيز نتروجين النترات في الماء الداخل للمعالجة حيث كانت النسب الأمثلية لـ C/N موضحة بالجدول (2- 1) إذ نجد أنه من أجل الميتانول 1.1 والإيتانول 1.25 وحمض الخل 1.7 وتتراوح الكميات المتوافقة المطلوبة لإزالة 1 mg نتروجين نترات بين mg(2.9) للميتانول و mg(2.4) للإيتانول و mg(4.3) لحمض الخل.

جدول (2- 1) يوضح تأثير نوع المصدر الكربوني على نسبة C/N

مصدر الكربون	mg C / mg N	mg/mg N مادة عضوية
ميتانول	1.1	2.9
ايتانول	1.25	2.4
حمض الخل	1.7	4.3

حيث نجد أنه تزداد كفاءة إزالة نتروجين النترات بشكل خطي تقريباً لكل مصادر الكربون مع زيادة نسبة C/N حتى القيمة الأمثلية، وعندما ترتفع نسبة C/N الداخلة بعد القيمة الأمثلية لا تزداد الكفاءة بشكل ملحوظ من أجل الميتانول وحمض الخل أما من أجل الإيتانول تزداد كفاءة إزالة النترات بزيادة C/N بعد القيمة الأمثلية ويمكن أن تؤدي الزيادة إلى تشكيل محتمل لحمض الخل من الإيتانول عندما يوجد الإيتانول

بتركيز عالٍ في المفاعل، أيضاً من أجل جرعة غير كافية من الكربون تنتج كفاءة إزالة منخفضة لنتـــروجين النترات ويعزى ذلك إلى أن عملية إزالة النترات تكون غير كاملة.

2-3-2-5: تأثير نوع المصدر الكربوني على نسبة إزالة النترات: [29,20]

لتحديد تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة ونسبة التحميل المطبقة في مفاعل RBC لكل مصدر كربون فقد تم تغيير تركيز نتروجين النترات في الماء الداخل إلى المعالجة من mg/l(40-130) وبالتالي اختلف تحميل نتروجين النترات المقابل من $mg/m^2.h$(76-220)

ونجد النتائج مبينة بالجدول (2-2)التالي:

جدول (2-2) معدل الإزالة الوسطية $mg/ m^2.h$حسب نوع مصدر الكربون

نوع مصدر الكربون	تركيز نتروجين النترات الداخل mg/l				معدل الإزالة الوسطية $mg/m^2.h$
	40	70	100	130	
ميتانول	70.78	119.54	148.98	163.64	125.74
ايتانول	69.21	111.81	136.79	158.32	119.014
حمض الخل	73.40	126.05	177.83	221.35	149.66

نلاحظ من الجدول السابق أن معدل إزالة النترات الوسطية للميتانول يتراوح من (163.64 – 70.78) $mg/m^2.h$ وللإيتانول من $mg/m^2.h$ (69.21 – 158.32) ولحمض الخل من $mg/m^2.h$ (73.40–221.35) حيث تعطي مصادر الكربون الثلاثة كفاءة إزالة للنترات أكثر من 90% بنتروجين نتـــرات داخـــل 40 mg/l وتختلف كفاءة الإزالة الوسطية للنترات من %(94.32 – 67.6) من أجل الميتانول ومن %(91.77 – 65.7) للإيتانول و %(98.92 – 91.77) لحمض الخل بتراكيز نتروجين داخل من 130mg/l إلى 40mg/l وبـــذلك نجد أن كفاءة إزالة النترات العالية تتم باستخدام حمض الخل كمصدر للكربون وذلك حسب الجـــدول (2- 3) التالي :

الجدول (2- 3)

كفاءة الإزالة الوسطية للنترات %	تركيز نتروجين النترات الداخل mg/l				مصدر الكربون
	130	100	70	40	
83.34	67.69	81.04	90.33	94.32	ميتانول
79.21	65.73	73.95	85.29	91.88	ايتانول
95.63	91.77	95.13	96.72	98.92	حمض الخل

استخدم تام [29]فحوصات نموذجية يمكن الاعتماد عليها سجلت كفاءات إزالة للنترات بنسبة (91-96%) باستخدام الخلات و (86%) باستخدام الميتانول و (78%) باستخدام السكر هذا وتعزى كفاءة الإزالة العالية لحمض الخل إلى الامتصاص السريع لحمض الخل من الخلايا الميكروبية.

2-3-2-6: تأثير نوع المصدر الكربوني على عملية إزالة النترات باستخدام السكروز والميتانول والإيتانول [30]:

حيث تم اختيار مصادر الكربون(السكروز والميتانول والإيتانول) في إزالة النترات من المياه الجوفية الملوثة بالنترات في المرشح المغمور(submerged filter) حيث كان تركيز النترات في الماء الداخل للمعالجة (100mg/l) وتم دراسة تراكم النتريت وانتاج الكتلة الحيوية ونمو البكتيريا المزيلة للنترات حيث كانت نسبة الكربون إلى نتروجين النترات هي C/N =2.5 للسكروز و C/N =1.08 للإيتانول و C/N = 1.1 للميتانول وبالتالي كان السكروز المصدر الأقل تأثيراً في إزالة النترات بالنسبة لمصادر الكربون الأخرى . حيث كان تراكم النتريت في المياه المعالجة الأكثر ملاحظة بالنسبة للسكروز حيث وصل لقيمة(5 mg NO_2/L)بينما عند استخدام الإيتانول والميتانول كمصادر للكربون وصلت قيمة النتريت في المياه المعالجة إلى قيمة مقاربة للصفر أثناء التجارب وذلك لأن تفكك السكروز أكثر صعوبة من تفكك الإيتانول وحمض الخل ومن ناحية أخرى سبب زيادة النمو الخلوي الملاحظ أثناء التجارب انسداد المرشح عند استخدام السكروز . أما عند استخدام الإيتانول والميتانول فقد لوحظ كثافة أعلى من الكتلة البكترية المزيلة للنترات في الغشاء البيولوجي. ولوحظ زيادة هذه الكتلة البكترية عند زيادة تركيز مصادر الكربون في الماء الداخل للمعالجة وهذه الزيادة ذات قيمة أكبر في حال استخدام الإيتانول والميتانول كمصادر للكربون وبهذا نحصل على أقل نسبة إزالة باستخدام السكروز .

وكما هو متوقع فإن C/N المطلوبة لإزالة100mg/l من النترات بشكل كامل تختلف بحسب طبيعة المصدر الكربوني حيث كانت للسكروز ,C/N=2.5 C/N=1.08 للإيتانول C/N=1. 1 للميتانول .

ولوحظ أن تركيز النترات في الماء الخارج من المعالجة يتناقص بشكل خطي عند زيادة جرعــات مــصادر الكربون المضافة للماء الداخل للمعالجة . لكن يحدث زيادة للنتريت في الماء الخارج من المفاعل بشكل أولي عند ارتفاع تركيز مصدر الكربون في الماء الداخل للمعالجة لكن يختفي النتريت في الماء الخارج من المفاعل عند التراكيز العالية لمصادر الكربون الثلاثة حيث إن أعلى قيمة لتركيز النتريت في المياه المعالجة يعتمد على مصدر الكربون المستخدم وكانت قيمة النتريت في المياه المعالجة mg/l (0.5 ±5)عندما كان تركيز السكروز المستخدم 59mg/l . وتراوحت نسبة إزالة نتروجين النترات عند استخدام السكروز بين (% 45-% 85) مع بقاء التركيز العالي من النتريت أما عند استخدام الإيتانول والميتانول أظهرت التجارب قيماً منخفضة جــداً قريبة من الصفر من تراكيز النتريت في المياه المعالجة .

2-3-2-7: تأثير درجة حرارة المياه على عملية المعالجة البيولوجية:

تؤثر درجة الحرارة تأثيراً مباشراً على عملية إزالة النترات وتختلف درجة الحرارة المثلى لنمو وتكاثر البكتريا تبعاً لنوع البكتريا .حيث وجد أن البكتريا تكون أكثر فعالية في درجات حــرارة أعلــى مــن (16°) وبزيادة درجة الحرارة تزداد كفاءة إزالة النترات حيث وجد عندما تتراوح درجة الحرارة بــين (20-37) تكون نسبة الإزالة أعظمية [31,26].

وبشكل عام فإن العمليات الحيوية تتضاعف لكل ارتفاع في الحرارة مقداره (10-15)° م وذلك في مدى (5-35)°م وإن معظم البكتريا المستخدمة في إزالة النترات تستطيع النمو والتكاثر في الدرجات العادية مــن الحرارة [33,32] .

وفي جامعة Newcastle في انكلترا [20,19] تم المحافظة على درجة حرارة للمياه داخل المفاعل (20±2C°)

2-3-2-8: البكتريا المزيلة للنترات [33,32] :

تعتبر البكتريا متعضيات وحيدة الخلية وتتكاثر بالانقسام الثنائي والزمن المطلوب لكل انقــسام والــذي يشار إليه بزمن التوالد يتنوع من أيام إلى 20 دقيقة.

وتلعب البكتريا دوراً هاماً في المعالجة الحيوية ويبلغ حجمها من 0.5 إلــى 15 ميكرومتــر وتــصنف البكتريا حسب الغذاء إلى بكتريا ذاتية التغذية وتحصل على الكربون اللازم لبناء خلاياها من المواد والتفاعلات الكيميائية غير العضوية مثل CO_2 والكربونات وذلك عن طريق التمثيل الضوئي (Autotrophic Bacteria)

وبكتريا عضوية التغذية (Heterotrophic Bacteria) وتشكل المادة العضوية مصدر الكربون لها في أنظمة المعالجة البيولوجية. وتصنف البكتريا عضوية التغذية حسب طريقة تنفسها إلى:

1- بكتريا هوائية التي تنمو وتتكاثر بوجود الأكسجين وتموت بانعدامه.

2- بكتريا لاهوائية: وتنمو وتتكاثر بانعدام الأكسجين وتموت عند وجوده حيث تحصل على الأكسجين بصورة غير مباشرة من NO_3^- أو من SO_4^{-2}

3- البكتريا الاختيارية: وهي التي تعيش بوجود الأكسجين أو انعدامه.

إن البكتريا المزيلة للنترات المسيطرة بشكل عام هي من نوع (Pseudomonas) البسيدوموناس وفي دراسة إزالة النترات في مفاعل RBC كانت أنواع البسيدوموناس من سلالات (P.flouresence) من أجل الميتانول و (P.mendocina) من أجل الإيتانول و (P.Stuzeri) من أجل حمض الخل[18] والبسيدوموناس هي جراثيم عصوية سالبة الشحنة إيجابية الأكسدة هوائية عموماً وبعض الأنواع يمكن أن تعيش في ظروف منقوصة الأكسجين تستخدم النترات مكان الأكسجين كمانحة الكترون. وأظهرت الدراسة في اليابان أنه حوالي 80% من البكتريا المزيلة للنترات لها صفات مثل البسيدوموناس[34].

2-3-2- 9 تأثير عملية المعالجة البيولوجية على قيمة الـ PH:

تتراوح قيمة الـ PH الأمثلية بالنسبة للمياه الجوفية بين (6.5-8.5) وأثناء عملية إزالة النترات وجد أن قيمة الـ PH تتزايد، فمن أجل استخدام حمض الخل كمصدر للكربون لا يحدث تزايد ملحوظ في قيمة الـ PH أما من أجل استخدام الميتانول والإيتانول تزداد القيمة بحدود (0.2 , 0.7) للميتانول والايتانول على الترتيب [20].

2-3-2- 10- تأثير قيمة الـ DO على عملية المعالجة البيولوجية:

يمكن أن يؤثر DO تأثيراً سلبياً على عملية إزالة النترات في المياه حيث أنه كان يعتقد أن عملية إزالة النترات هي عملية لاهوائية [35]

كما أعطيت العلاقة التجريبية الآتية لكمية الميتانول اللازمة لإجراء إزالة النترات[19]:

$$C_m = 2.47No + 1.57N_1 + 0.87DO$$

C_m: التركيز اللازم من الميتانول mg/l

N_0: التركيز الابتدائي لنتروجين النترات mg/l

N1: التركيز الابتدائي لنتروجين النتريت mg/l

DO: التركيز الابتدائي للأكسجين المنحل في الماء mg/l .

من هذه المعادلة نلاحظ أن وجود الأكسجين المنحل في الماء المعرض للمعالجة يسبب زيادة في كمية المادة المغذية اللازمة .

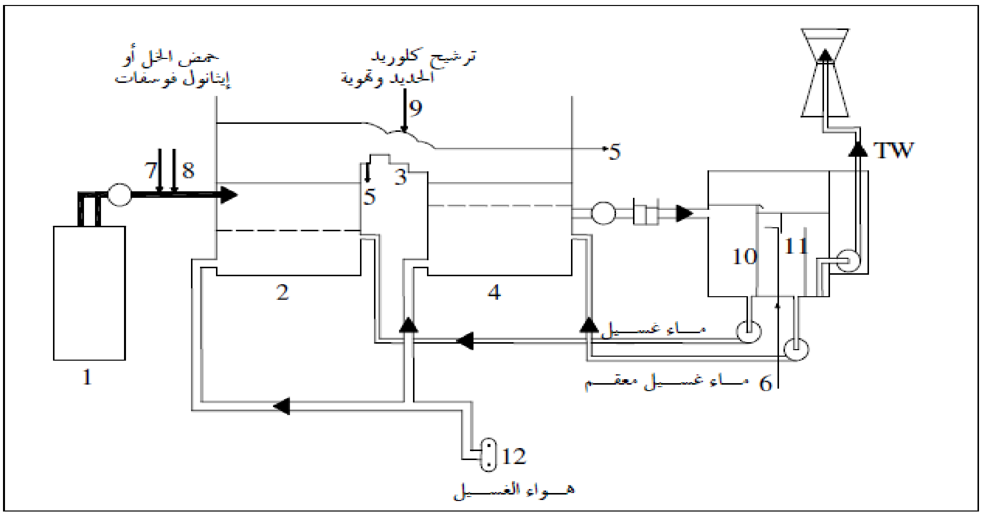
وجد بعض الباحثين أن مستويات منخفضة جداً من DO يسبب وقفاً كاملاً لنشاط البكتريا المزيلة للنترات [36]. ومع ذلك فإن تأثير الأكسجين على عملية إزالة النترات يعتمد على السلالات الجرثومية[37]

وإن وجود جزئ الأكسجين كمستقبل الكترون في المياه ينقص من عملية إزالة النتروجين ويزيد تركيز النتريت [38].

وعند استخدام حمض الخل كمصدر للكربون في مفاعل RBC في جامعة Newcastle في انكلترا [19] كان مستوى الأكسجين المنحل (6.5mg/l) في المياه الخارجة من المفاعل ومستوى الأكسجين المنحل في المياه الخام هو 9.3mg/l أما عند حمود الحسين [39]فقد كان مستوى الأكسجين المنحل (3.2mg/l) تقريباً في المياه الخارجة من المفاعل.

2-3-2-11 تجهيزات عملية إزالة النترات بيولوجياً[14] :

يبين الشكل (2-4) منشأة لإزالة النترات بالعملية البيولوجية حيث تتألف المنشأة من مستودع للماء الخام (1) ومن مفاعل بيولوجي (2) يتم فيه الجريان من الأسفل إلى الأعلى بنفس اتجاه النتروجين المتحرر مما يخفف مشكلة إعاقة الحركة الناتجة عن تصريف الغاز.



1-مستودع الماء الخام
2- مفاعل بيولوجي
3- تهوية
4- ترشيح
5-ماء الغسيل المصروف
6- تعقيم بالكلور
7- الفوسفات PO_4
8- مادة غنية بالكربون
9- كلوريد الحديد ($FeCl_3$
10- خزان المياه غير المعقمة
11- خزان المياه المعقمة
12- مصدر هواء

تجهيزات عملية إزالة النترات بيولوجياً

الشكل (2-4)

حيث يضاف قبل المفاعل الفوسفات (7) وأي مادة غنية بالكربون (8) كالإيتانول أو حمض الخل. بعـد خروج الماء من المفاعل يضاف له مادة مروبة مثل كلوريد الحديد (9) ويعرض للتهوية (3) ثم إلى الترشيح (4) إلى خزان الماء غير المعقم (10) ثم إلى خزان الماء المعقم (11) حيث يتم التعقيم بالكلور (6). يصرف ماء الغسيل عبر (5) ويعطى الهواء عبر (12).

يبين الجدول (2–4) مقارنة بين الإزالة البيولوجية للنترات وإزالة النترات بواسطة التبادل الإيوني.

الجدول (2–4)

عنصر التشغيل	**الإزالة البيولوجية للنترات**	**إزالة النترات بالتبادل الإيوني**
الكلفة الابتدائية	أكبر	أقل
كلفة التشغيل	تقريباً متشابهة	تقريباً متشابهة
النواتج	حمأة بيولوجية – لا يوجد نواتج غيرها لأن (NO_3) تنقل إلى (N_2)	يوجد ناتج ملحي مركز، تنتقل (NO_3^-) من محلول إلى آخر
التوازن الكربوني	يتأثر قليلاً	يتأثر بشكل كبير . الماء الناتج هو أكثر عدوانية
التشغيل الاتوماتيكي	معقد	سهل
ملوحة الماء الخام	ذات تأثير قليل	لا تستخدم هذه الطريقة إذا وجد في الماء الكثير من الكلوريدات والكبريتات
محتوى الماء الخام من المواد العالقة		هذه الطريقة حساسة جداً لكمية (SS) في الماء الخام
درجة الحرارة	المعالجة غير ممكنة في درجات الحرارة المنخفضة جداً	أقل تأثيراً
التشغيل	يحتاج إلى مراقبة دقيقة	التشغيل متوازن جداً

القسم العملي

الفصل الثالث

الدراسة المخبرية لعملية إزالة النترات في مفاعل الأقراص البيولوجية منقوص الأكسجين

3-1 المفاعل المخبري المستعمل لإجراء التجارب:

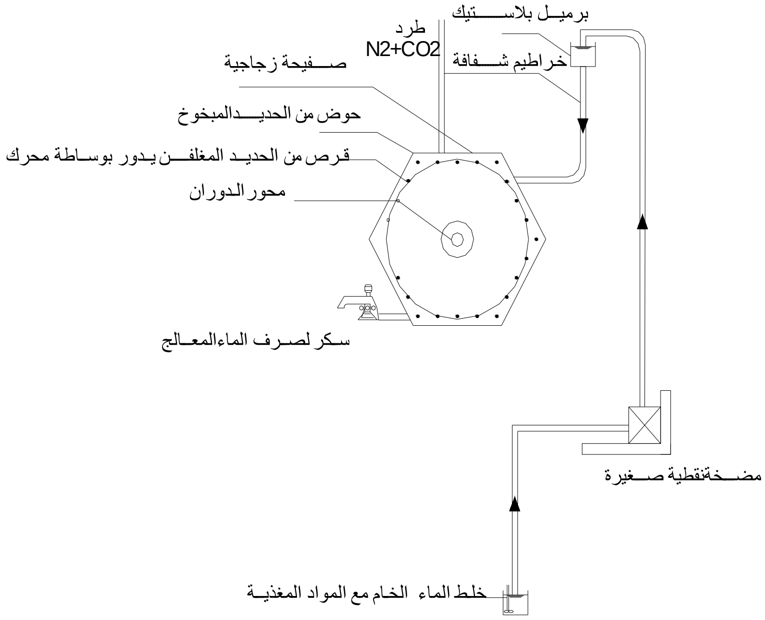
أجريت هذه الدراسة في مفاعل يتألف من:

هيكل بشكل موشور مسدس المقطع طوله 52cm وطول ضلع المسدس 32.5cm) هذا الهيكل مصنوع من صفائح الحديد المدهون ويحتوي على 25قرصاً دائرياً قطر كل منها (52) سم والتباعد بينها 1.5 سم مبخوخة بدهان خشن من الطرفين تدور هذه الأقراص بوساطة محرك كهربائي ثلاثي الطور بطيء استطاعته (0.25) حصان مع علبة سرعة وتحكم بعدد الدورات ويتم هذا الدوران حول محور من الكروم قطره 2 سم وطوله 55 سم يوجد أعلى هيكل الجهاز صفيحة زجاجية يتم عبرها مراقبة عمل الجهاز كما يتم طرد الغازات من المفاعل عبر أنبوب مفتوح إلى نافذة الغرفة .

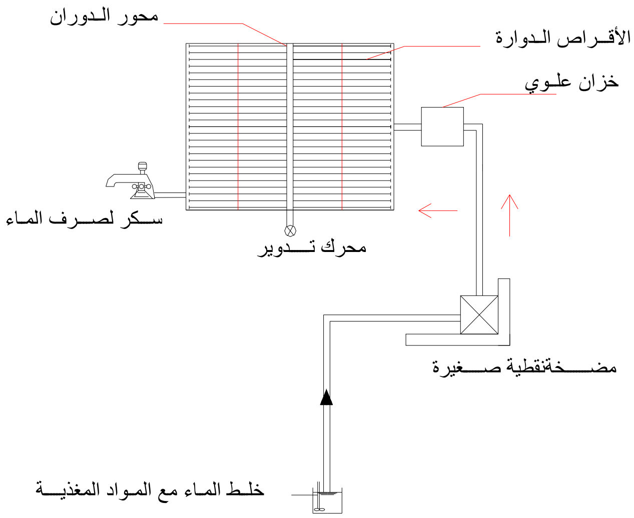
يحوي المفاعل في أسفله على سكر لإخراج الماء المعالج بالإضافة إلى برميل بلاستيك لخلط الماء الخام مع المغذيات الكربونية والفسفورية حيث يتم هذا الخلط بضخ الهواء إلى أسفل البرميل البلاستيكي ،تضخ المياه من هذا البرميل إلى برميل آخر في الأعلى لتأمين ضاغط ثابت تقريباً وتجريع مستقر للماء إلى داخل الجهاز ويتم هذا الضخ باستعمال مضخة نقطية لرفع المياه ومعايرة التدفق.

هذا بالإضافة إلى خراطيم شفافة (PVC) لنقل الماء بين أجزاء الجهاز.

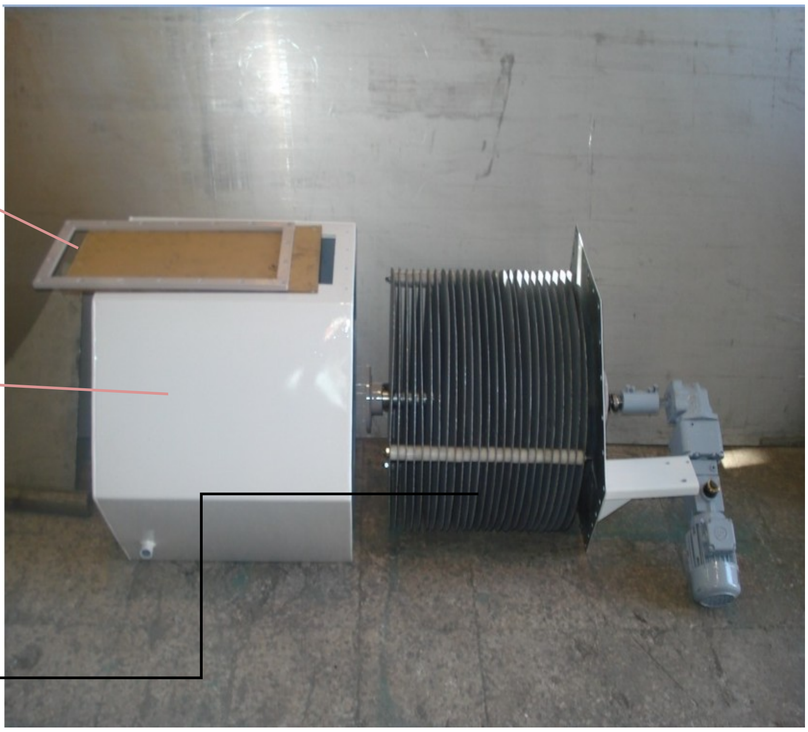
و تبين المخططات والصور الآتية شكل وأجزاء المفاعل المخبري



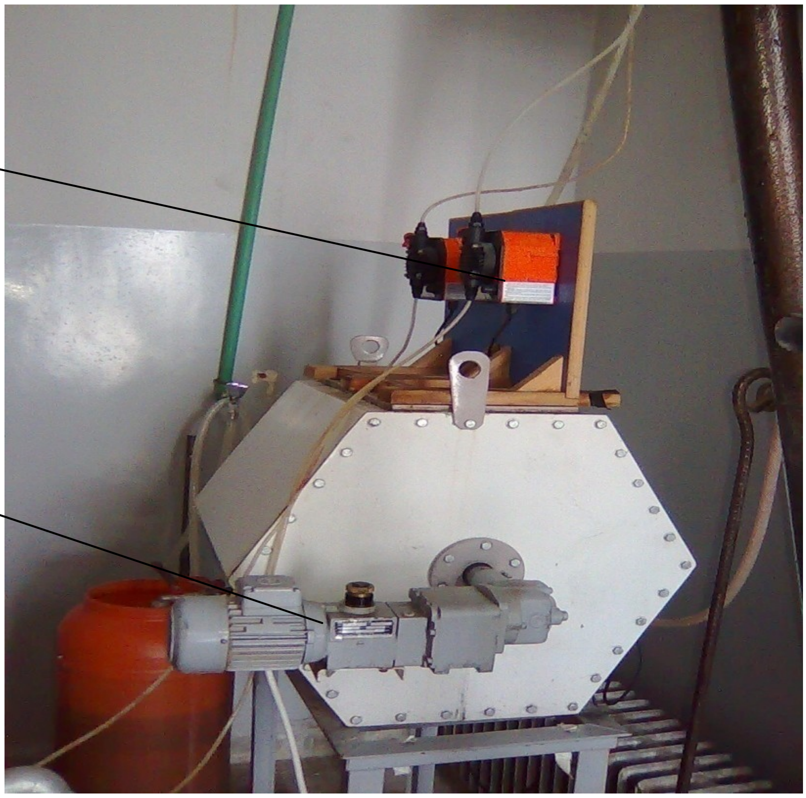
الشكل (3-1) مقطع في المنشأة المخبرية



الشكل (3-2) مسقط المنشأة المخبرية



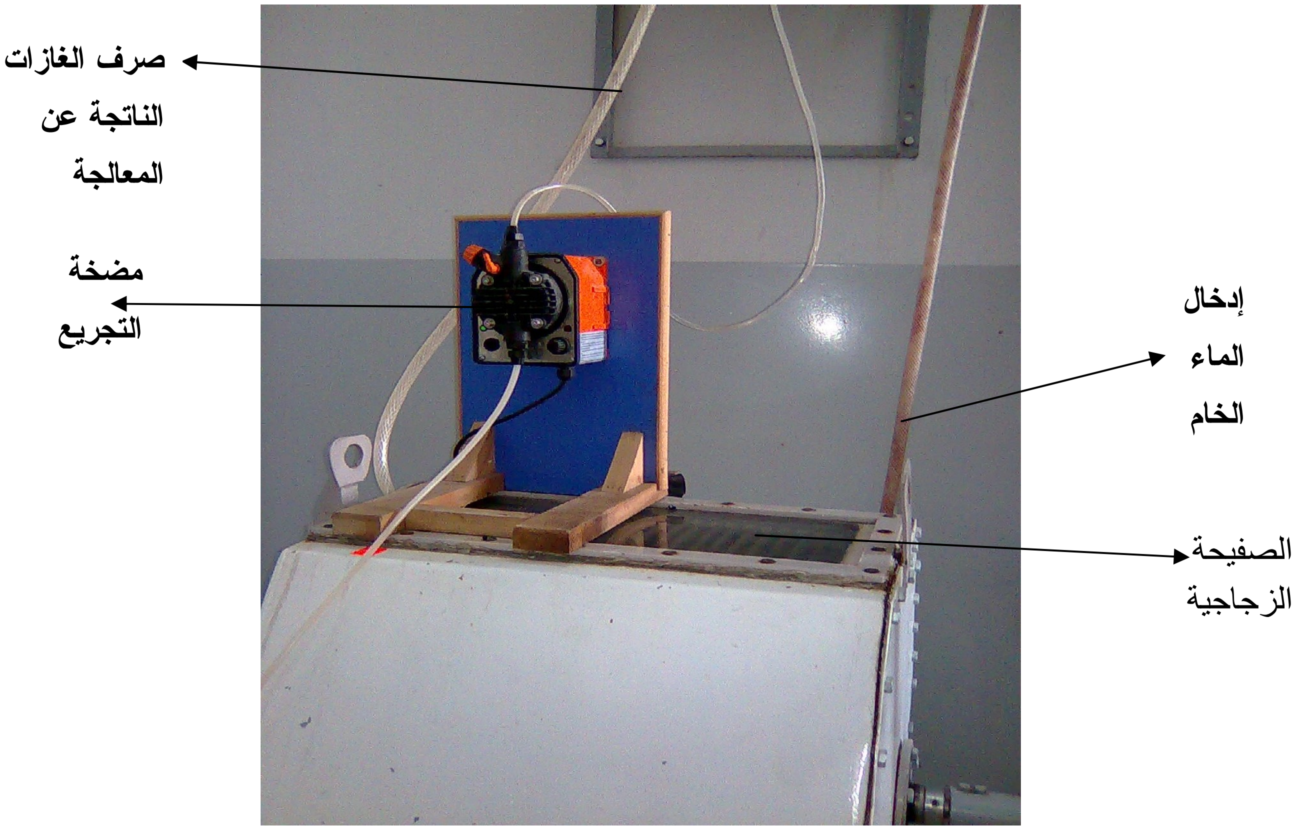
الشكل (3-3) المفاعل المخبري قبل جمع أجزائه



الشكل (3-4) المفاعل المخبري مع محرك تدوير الأقراص ومضخة التجريع



الشكل (3-5) خلاط الماء الخام



الشكل (3-6) الصفيحة الزجاجية ومضخة التجريع



الشكل (3-7) كيفية التحكم بسرعة دوران الأقراص



الشكل (3-8) المفاعل المخبري بعد جمع أجزائه



الشكل (3-9) المفاعل المخبري بعد تركيبه وجمع أجزائه

3-2 مواصفات المياه الخام المستعملة في فترة إقلاع الجهاز للحصول على النمو البكتيري:

تم استخدام مياه تركيبية غنية بالنترات (تم استخدام نترات الصوديوم $NaNO_3$ كمصدر للنترات) حيث كان تركيز النترات البدائي (250mg/L) وتم إضافة 3mg/l من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين (H_2NaPO_4) كمصدر فوسفوري للبكتريا بالإضافة إلى حمض الخل(CH_3COOH) كمصدر أساسي للكربون بحدود (200 mg/ l) من حمض الخل وتم خلط المياه الملوثة بواسطة خلاط لتأمين التهوية المناسبة وخلط المواد بشكل جيد قبل دخولها إلى المفاعل. وإن مواصفات الماء الخام المستعمل في التجارب موضحة في الجدول التالي:

الجدول (3–1) مواصفات الماء الخام المستعمل في التجارب

	النترات (mg/L)	النتريت (mg/L)	pH	الناقلية (µs/cm)	TDS (mg/L)
الماء الخام(قبل إضافة المغذيات) المستعمل في فترة إقلاع الجهازوفي السلسلة الأولى (الفقرة 3–4–1)	250	0	8.2	758	540
الماء الخام(قبل إضافة المغذيات) المستعمل في السلاسل الثلاثة الأخرى الفقرات (3–4–2، 3–4–3 ،3–4–4)	100	0	8.1	400	310

3–3 الدراسة التجريبية لعملية المعالجة البيولوجية في مفاعل الأقراص البيولوجية الدوارة منقوص الأكسجين :

3–3–1 دراسة إقلاع المفاعل :

بدأ العمل في المفاعل بتأمين عملية الإقلاع حيث تم هذا الإقلاع بتغذية المفاعل بشكل مستمر وبدورة مغلقة بمياه تركيبية غنية بالنترات (حيث تم استخدام نترات الصوديوم $NaNO_3$ كمصدر للنترات) حيث كان تركيز النترات البدائي إلى (250mg/l) وتم إضافة (3 mg/l) من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين (H_2NaPO_4) كمصدر فوسفوري للبكتريا بالإضافة إلى حمض الخل عالي النقاوة(CH_3COOH) كمصدر أساسي للكربون بحدود (200 mg/ l) من حمض الخل وتم خلط المياه الملوثة بواسطة خلاط لتأمين التهوية المناسبة وخلط المواد بشكل جيد قبل دخولها إلى المفاعل وتم استخدام مضخة نقطية لرفع الماء الخام وتم تنظيم التدفق الداخل للمفاعل بحدود (93 ml/min) مما يعطي زمن مكوث هيدروليكي ضمن المفاعل/24/ ساعة وكانت درجة حرارة المياه داخل المفاعل بحدود $(20 \pm 2)^{o}c$ وتم تدوير الأقراص في المفاعل بواسطة محرك كهربائي بسرعة /2/دورة في الدقيقة(استئناساً بالمراجع العلمية). وتم إملاء المفاعل بالماء ووصل حجم الماء داخل المفاعل إلى /132/ ليتر. واستمرت عملية إقلاع المفاعل حتى تم تشكيل غشاء بيولوجي على سطوح الأقراص الدوارة. وهذا الغشاء البيولوجي (Biofilm)المتشكل على سطوح الأقراص الدوارة عبارة عن طبقة من الكتلة البيولوجية تتألف من البكتريا ومن منتجات هذه البكتريا وفي حالة وجود هذه البكتريا في بيئة منقوصة الأكسجين حيث يكون تركيز الأكسجين قليلاً فإنها تنمو على

سطوح الأقراص الدوارة متغذية على المغذيات الكربونية والفوسفورية المضافة إلى الماء ومستعملة أكسجين شوارد النترات لأيضها حيث يستعمل آنذاك النتـرات NO_3^- والنتريـت NO_2^- كمـستقبل إلكترون ويرجع إلى N_2 [12] . وتكون المعادلة حسب التسلسل التالي:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

والمركبات الثلاثة الأخيرة هي غازات قليلة الإنحلال في الماء .

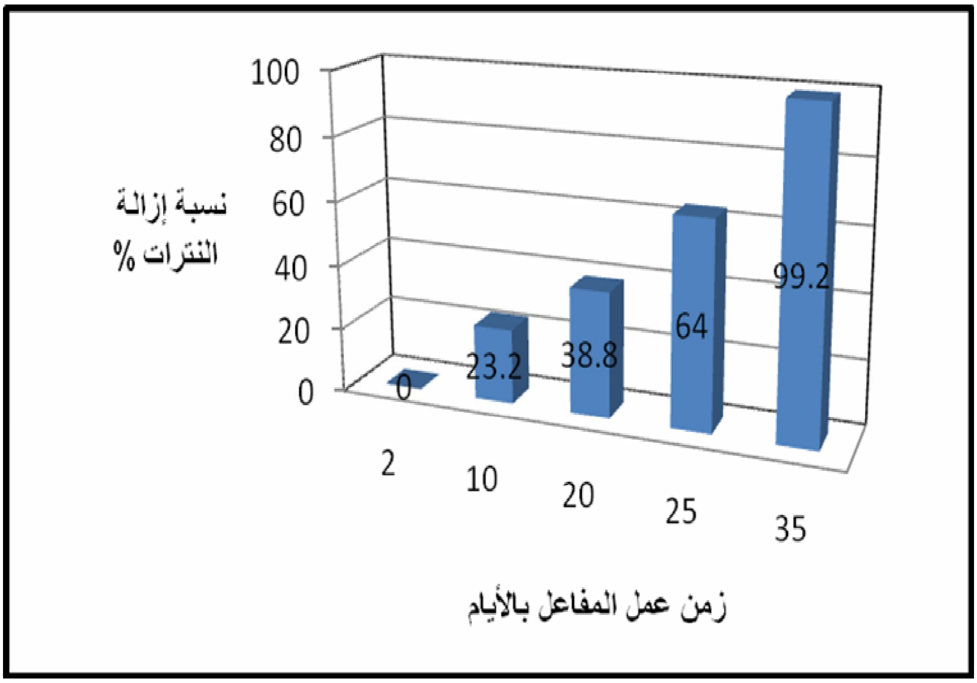
وتأكدنا من إقلاع المفاعل وذلك لأنه بعد الزمن 35 يوم من عمل المفاعل ثبتت تقريبًا قيمـة النترات على قيمة صغيرة ومقبولة ولم يحصل أي تغيير في قيمتها وكنا نرى بالعين المجردة عبـر الزجاج الموجود في أعلى الجهاز تشكل الغشاء البيولوجي على سطوح الأقراص الدوارة . عندها تم التخلص من ماء الإقلاع بإلقائها إلى شبكة المجاري وبدأ العمل بمياه ملوثة جديدة.

ويمكن تلخيص القيم التي حصلنا عليها أثناء عملية الإقلاع في الجدول(3−2) الآتي:

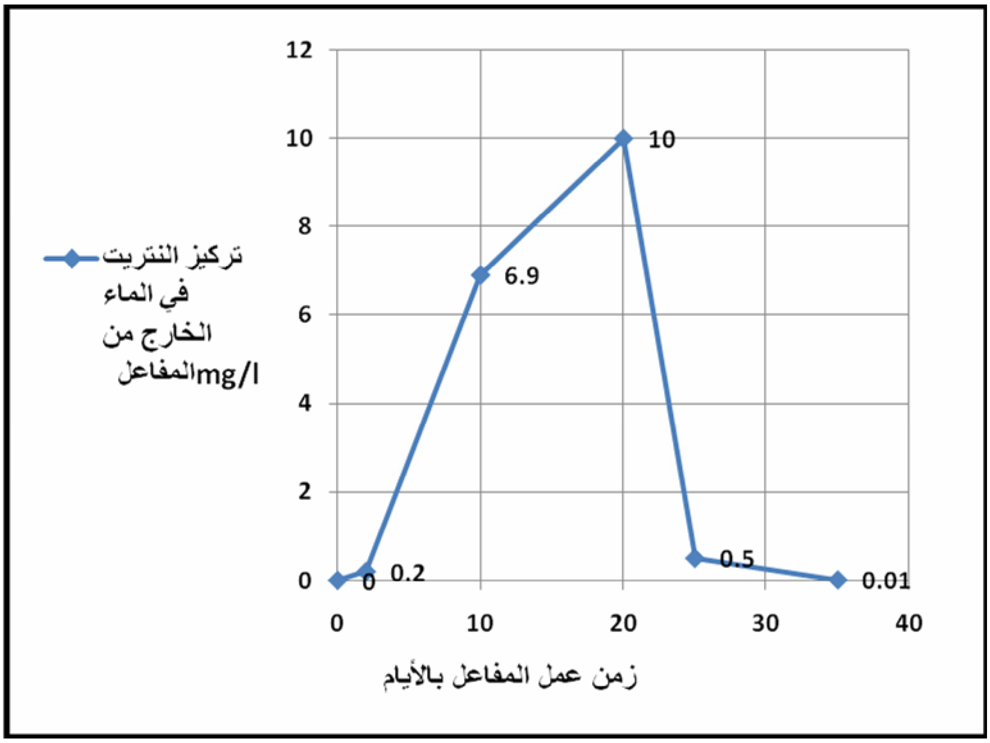
الجدول(3−2)

اليوم	**0**	**2**	**10**	**20**	**25**	**35**
تركيز النترات في العينة المأخوذة من المفاعل mg/l	250	250	192	153	90	1.79
تركيز النتريت في العينة المأخوذة من المفاعل mg/l	0	0.2	6.9	10	0.5	0.01
PH (بعد إضافة حمض الخل)	5.6	6	8.4	8.24	8.44	8.5
TDS mg/l	722	710	690	680	653	625
الناقلية µs/cm	1003	1002	950	893	870	850
نسبة إزالة النترات%	0	0	23.2	38.8	64	99.2

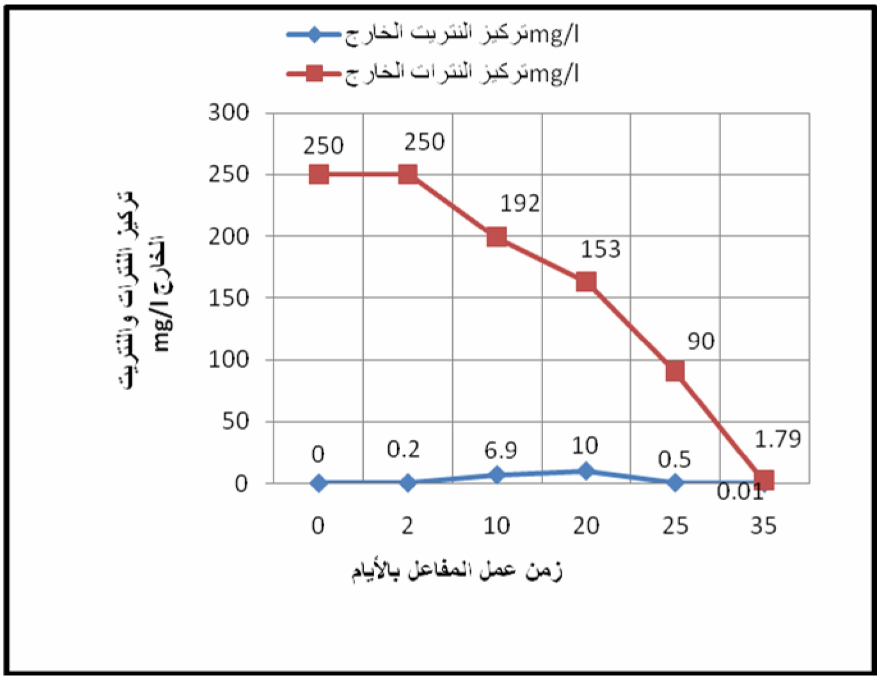
ويمكن رسم المنحنيات الآتية المعبرة عن التغيرات الحاصلة في مرحلة الإقلاع:



الشكل(3−10) نسبة إزالة النترات أثناء عملية الإقلاع مع تغير الزمن



الشكل(3−11) تغير تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل أثناء عملية الإقلاع



الشكل(3−12) تغير تركيز النترات والنتريت في المياه الخارجة من المفاعل أثناء عملية الإقلاع

من الجدول والمنحنيات السابقة نلاحظ:

زيادة كفاءة إزالة النترات لمياه الإقلاع مع الزمن حتى 35 يوم وذلك بسبب نمو طبقة من الكتلة البيولوجية على سطوح الأقراص الدوارة تحتوي على البكتريا التي تستهلك الأكسجين من أجل نشاطها الحيوي .

أما من أجل النتريت ففي بدء الزمن كانت كمية النتريت مساوية للصفر إذ أننا أضفنا نترات الصوديوم كملوث للماء ثم بدأت تنمو البكتريا وبدأت تستهلك الأكسجين لفعالياتها ولكن هذا النمو كان بطيئاً واستهلاكها للأكسجين قليلاً وإرجاعها للنترات لم يكن كاملاً وبالتالي كانت تحول النترات إلى مركبات النتريت وبدأت تتصاعد كمية النتريت في الماء. ومع تحسن تشكل الغشاء البيولوجي على الأقراص مع تزايد الزمن المار على عملية الإقلاع بدأت تنخفض مركبات النتريت في الماء مما كان يدلنا على تحسن نوعية الماء وتحسن إقلاع المفاعل إلى أن وصلت قيم النتريت إلى ما يقارب الصفر.

نلاحظ من الجدول (3−2) أيضاً ارتفاع قيم PH مع نقصان كمية النترات في الماء المعالج وهذا أمر يعود إلى ظهور شاردة OH^- نتيجة تفاعل NO_3^- مع حمض الخل كما في المعادلة :

$$8NO_3^- + 5CH_3COOH \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^- \quad [14]$$

بالإضافة إلى ظهور CO_2 . وإن OH^- شاردة متبقية جميعها في الماء و CO_2 غــاز قــد ينحل جزء من فقاعاته في الماء مخفضاً PH وقد ينطلق الجزء الآخر إلى الهواء الجوي . بالنتيجة يحصل ارتفاع في قيمة PH.

نلاحظ من الجدول (3−2) أيضاً انخفاض قيم TDS أثناء عملية الإقلاع وهــذا يعــود الــى نقصان NO_3^- وتحوله إلى الشكل الغازي ضعيف الانحلال في الماء علماً أنه قد تــم قيــاس TDS و PH للعينة الأولى بعد إضافة المغذيات الكربونية والفوسفورية.

وعندما تم الإقلاع بدأ عمل المفاعل بتيار مستمر وبدون دورة مغلقة حيث تم العمل على أربعة مراحل لدراسة كفاءة مفاعل الأقراص البيولوجية الدوارة منقوص الأكسجين فــي إزالــة النتــرات بالطريقة البيولوجية

3−4:سلاسل التجارب التي أجريت عبر البحث:

تم إجراء(4) سلاسل من التجارب بعد عملية الإقلاع وهي :

- تغيير أزمنة المكوث الهيدروليكي لمعرفة زمن المكوث الأمثلي في المفاعل.
- دراسة أداء حمض الخل كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات في مفاعــل RBC بزمن مكوث أمثلي24 ساعة.
- دراسة أداء الإيتانول كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات فــي مفاعــل RBC بزمن مكوث أمثلي24 ساعة.
- دراسة أداء السكروز كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات فــي مفاعــل RBC بزمن مكوث أمثلي24 ساعة.

3−4−1− تغيير أزمنة المكوث الهيدروليكي لمعرفة زمن المكوث الأمثلي في المفاعل:

تم في هذه المرحلة دراسة تأثير زمن المكوث الهيدروليكي في المفاعل على عملية المعالجــة حيث تم تغذية المفاعل بشكل مستمر وبدون دورة مغلقة بمياه تركيبية غنيــة بــالنترات (حيــث تــم استخدام نترات الصوديوم $NaNO_3$ كمصدر للنترات) وكان تركيز النترات البدائي (250mg/l) وتم إضافة (3 mg/l) من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين (H_2NaPO_4) كمصدر فوسفوري للبكتريا بالإضافة إلى حمض الخل(CH_3COOH) كمصدر أساسي للكربون بحــدود (200 mg/ l)

من حمض الخل وتم تغيير زمن المكوث بحيث كان (16–20–24–30) ســاعة وبمعــدل تحميــل للنترات تراوح من (382.62–204)mg NO_3 /m^2.h وكانت النتائج حسب الجداول التالية

الجدول(3–3) يبين نتائج المعالجة بزمن مكوث 30ساعة لمياه خام تركيز النترات فيها 250mg/l.

رقم العينة بعد إضافة المغذيات	زمن المكوث	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في الماء الخارج من المفاعل	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	250	0	0	5.6	722	1003	–	–
1	30	154.05	38.38	0.08	8.24	645	950	149.5	40.23
2	30	132.45	47.02	0.16	8.58	658	900		
3	30	161.75	35.3	0.26	7.37	690	920		

الجدول(3–4) يبين نتائج المعالجة بزمن مكوث 24ساعة لمياه خام تركيز النترات فيها 250mg/l.

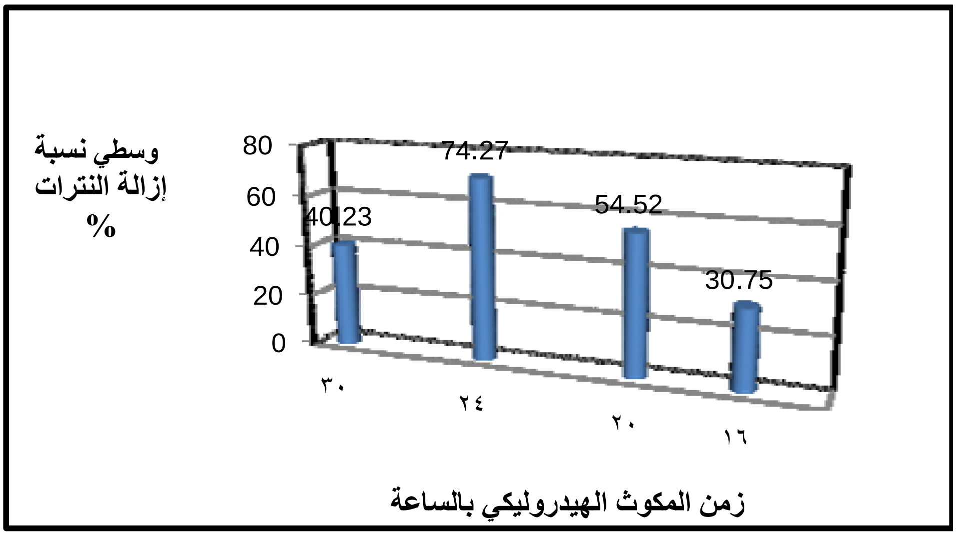
رقم العينة بعد إضافة المغذيات	زمن المكوث	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الازالة الوسطية
	h	mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
1	24	71.85	71.26	12.9	7.73	640	889	64.3	74.27
2	24	52.45	79.02	17.2	8.21	612	850		
3	24	48.95	80.42	21.6	8.17	611	848		
4	24	84	66.4	22.05	7.45	654	891		

الجدول(3−5) يبين نتائج المعالجة بزمن مكوث 20ســاعة لميــاه خــام تركيــز النتــرات فيهــا 250mg/l.

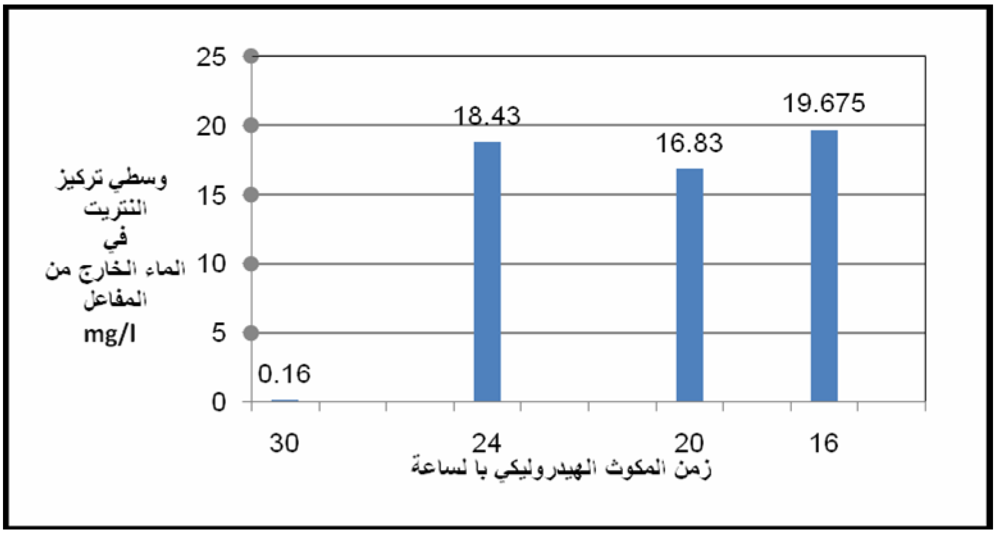
رقم العينة بعد إضافة المغذيات	زمن المكوث	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الازالة الوسطية
	h	mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
1	20	98.55	60.58	21.1	7.71	656	_		
2	20	98.05	60.78	15.55	_	_	_		
3	20	123.55	50.58	15.1	7.82	651	905	113.7	54.52
4	20	114.8	54.08	15.7	7.51	648	901		
5	20	133.55	46.58	16.7	7.58	665	920		

الجدول(3−6) يبين نتائج المعالجة بزمن مكوث 16ساعة لمياه خام تركيز النترات فيها 250mg/l.

رقم العينة بعد إضافة المغذيات	زمن المكوث	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
1	16	192	23.2	21.6	8	703	972		
2	16	155.2	37.92	16.2	7.54	715	978	173.1	30.75
3	16	158.65	36.54	20.8	7.52	689	958		
4	16	186.65	25.34	20.1	7.79	690	909		



الشكل (3−13) تغير نسبة الإزالة للنترات بتغير زمن المكوث الهيدروليكي



الشكل (3−14) تغير تركيز النتريت في الماء الخارج من المفاعل بتغير زمن المكوث الهيدروليكي

من الجداول (3−3) و (3−4) و (3−5) (3−6) والمنحنيات(3−13) و (3−14) أعلاه نلاحظ ما يأتي :

1− أفضل نسبة إزالة للنترات في مفاعل RBCعندما كان تركيز النترات في الماء الداخل إلى المفاعل (250mg/l) وتركيز حمض الخل المضاف هو (200mg/l) وبزمن مكوث هيدروليكي (24ساعة)هي (74.27%) أي أن النترات في المياه الخارجة كان تركيزه (64.3 mg/l) علماً بأن التركيز المقبول للنترات في مياه الشرب هو(50 mg/l) حسب المواصفة القياسية السورية رقم /45/

الخاصة بمياه الشرب – المراجعة الثانية [40] وبذلك نلاحظ أن المفاعل في الظروف المخبرية المتوفرة لم يكن قادراً على معالجة المياه الملوثة بالنترات في التراكيز العالية

2- من أجل تركيز للنترات الداخل إلى المفاعل (250mg/l) وتركيز لحمض الخل المضاف هو (200mg/l) وبزمن مكوث هيدروليكي (24ساعة)وصل تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة وسطية هي (18.4mg/l) وهي خارج الحدود المسموحة لمياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية المذكورة أعلاه حيث تنص المواصفة على أن الحد المسموح به للنتريت في مياه الشرب هو 0.2mg/L وهذا يدل على أن البكتريا التي كانت تقوم بإزالة النترات لم تستطع التعامل مع التراكيز الكبيرة من النترات حيث كانت تحول جزءاً من هذا النترات إلى مركبات النتريت فقط بدون اتمام التفاعل إلى N_2.

3-نلاحظ أن زيادة زمن المكوث الهيدروليكي من16إلى 24ساعة ترافق مع زيادة كفاءة إزالة النترات من % 30.7إلى% 74.27 وأن زيادة زمن المكوث من 24 ساعة إلى 30ساعة ترافق مع نقصان كفاءة الإزالة وقد يكون سبب ذلك إلى انقشار جزء من الغشاء البيولوجي من الأقراص البيولوجية الدوارة لأمر ما .

ولذلك رأينا أن يستمر العمل المخبري دراسة كفاءة مفاعل RBC منقوص الأكسجين باستخدام تركيز إبتدائي للنترات هو 100 mg/l .

3-4-2 دراسة أداء حمض الخل كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات في مفاعل RBC:

تم في هذه المرحلة دراسة تأثير إضافة حمض الخل (CH_3COOH) كمغذي كربوني على عملية المعالجة البيولوجية حيث تم إضافته إلى الماء الخام بتراكيز mg/l (136.36-114-100-91) من حمض الخل كمغذي كربوني وتم إضافة (3mg/l) من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين H_2NaPO_4 كمصدر فوسفوري للبكتريا وباشرنا بإدخال الماء الخام إلى المفاعل لدراسة عملية المعالجة البيولوجية في مفاعل (RBC) منقوص الأكسجين بحيث كان تدفق الماء الداخل إلى المفاعل (93ml/min) بحيث أمن زمن مكوث هيدروليكي ضمن المفاعل مقداره (24) ساعة وكان تركيز النترات في الماء الخام هو 100mg/l وبمعدل تحميل $103mg\ NO_3/m^2.h$ وكانت النتائج حسب الجداول (3-7) (3-8) (3-9) (3-10) التالية:

الجدول (3-7)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز حمض الخل	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	136.36	2.4	100	0	0	6.9	451	625	-	-
1	24	136.36	2.4	2.4	97.6	0.01	8.78	377	525	3.73	96.27
2	48	136.36	2.4	3.52	96.5	0.01	8.68	376	523		
3	72	136.36	2.4	6	94	0.01	8.08	380	532		
4	96	136.36	2.4	3	97	0.01	8.68	380	532		

الجدول (3-8)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز حمض الخل	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	114	2.02	100	0	0	7.46	430	595		
1	24	114	2.02	40	60	2.3	8.4	416	578		
2	48	114	2.02	41	59	2.2	8.44	420	580		
3	72	114	2.02	41.4	58.6	2.5	8.33	414	575		
4	96	114	2.02	35	65	0.5	8.43	410	562	39.34	60.66

الجدول (3-9)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز حمض الخل	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	100	1.77	100	0	0	7. 6	415	575		
1	24	100	1.77	40	60	0.9	8.22	386	537		
2	48	100	1.77	45	55	3.1	8.26	397	552		
3	72	100	1.77	45	55	3.6	8.24	398	552		
4	96	100	1.77	52	48	3.2	8.2	407	565	45.5	54.5

الجدول (3-10)

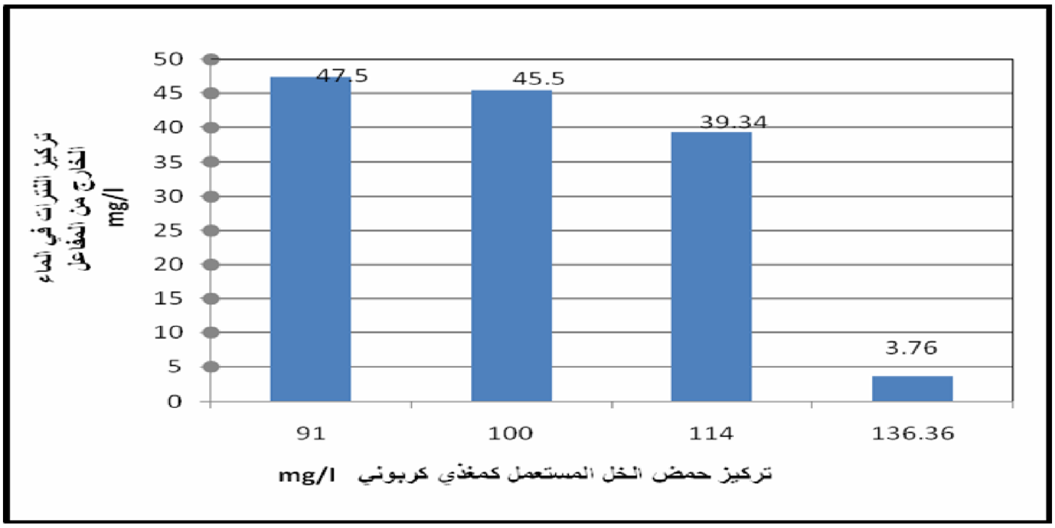
رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز حمض الخل	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	91	1.6	100	0	0	7. 64	406	560		
1	24	91	1.6	45	55	3.6	8.02	399	554		
2	48	91	1.6	45	55	4.2	8.1	394	548		
3	72	91	1.6	50	50	3.2	8.38	402	558		
4	96	91	1.6	50	50	3.9	8.23	395	549	47.5	52.5

وتعبر الأشكال الآتية عن التغيرات الحاصلة في هذه المرحلة حسب القيم المبينة في الجداول التالية :

يبين الجدول (3-11) تغير تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل بتغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني للبكتريا

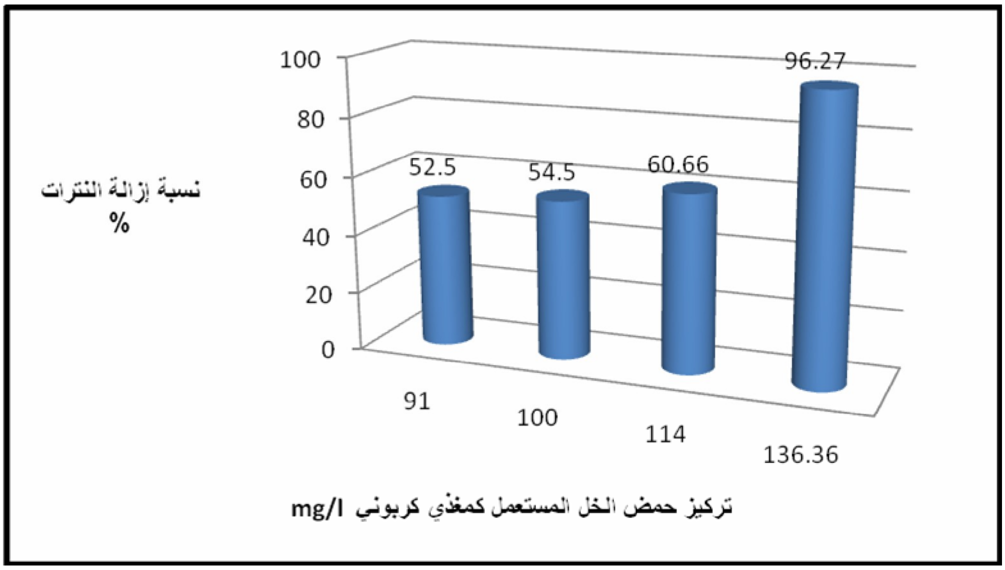
الجدول (3-11)

تركيز النترات الداخل mg/l	**تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين mg/l**	**تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني mg/l**	**C/N**	**تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل mg/L**	**وسطي نسبة إزالة النترات %**
100	3	91	1.6	47.5	52.5
100	3	100	1.77	45.5	54.5
100	3	114	2.02	39.34	60.66
100	3	136.36	2.4	3.76	96.27



الشكل (3-15) تغير تركيز النترات في الماء المعالج الخارج من مفاعل RBC مع تغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني للبكتريا بتركيز للنترات في الماء الخام 100 mg/l وبدرجة حرارة تقارب 20 درجة مئوية

نلاحظ من الشكل أن أقل تركيز للنترات في الماء الخارج من المفاعل هو (3.76mg/l) عندما كان تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني هو 136.36mg/l



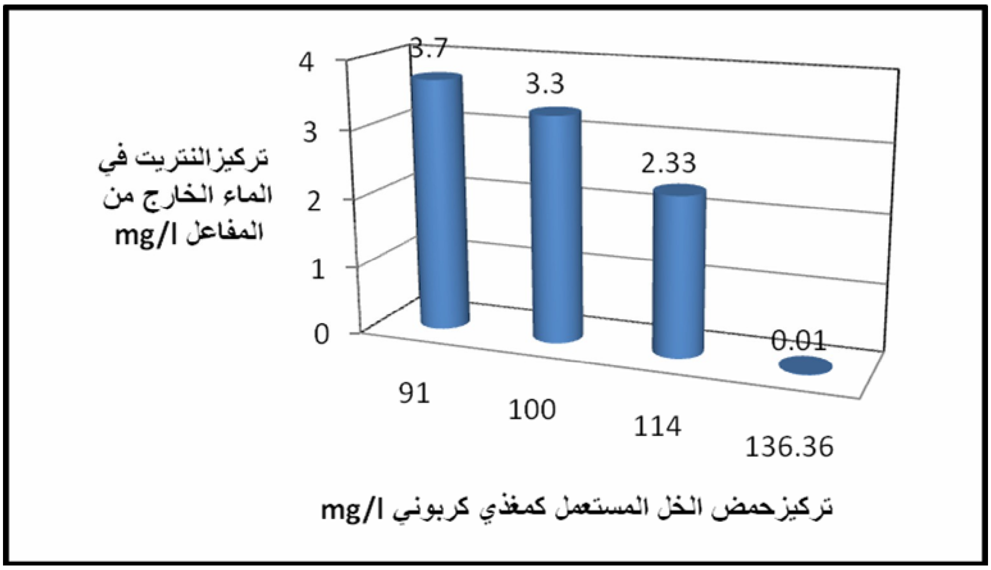
الشكل (3-16) تغير نسبة الإزالة مع تغير تركيز حمض الخل الداخل حيث كان تركيز النترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل (3-16) أكبر نسبة إزالة للنترات هي (96.27%) . عندما كان تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني في الماء الداخل إلى المعالجة (136.36 mg/l) .

ويبين الجدول (3-12) التالي تغير تركيز النتريت في الماء الخارج من المفاعل بتغير تركيز حمض الخل الداخل:

الجدول (3-12)

تركيزالنترات في الماء الداخل إلى المعالجة	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني	C/N	تركيزالنتريت في الماء الخارج من المفاعل
mg/l	mg/l	mg/l		mg/l
100	3	91	1.6	3.7
100	3	100	1.77	3.3
100	3	114	2.02	2.33
100	3	136.36	2.4	0.01



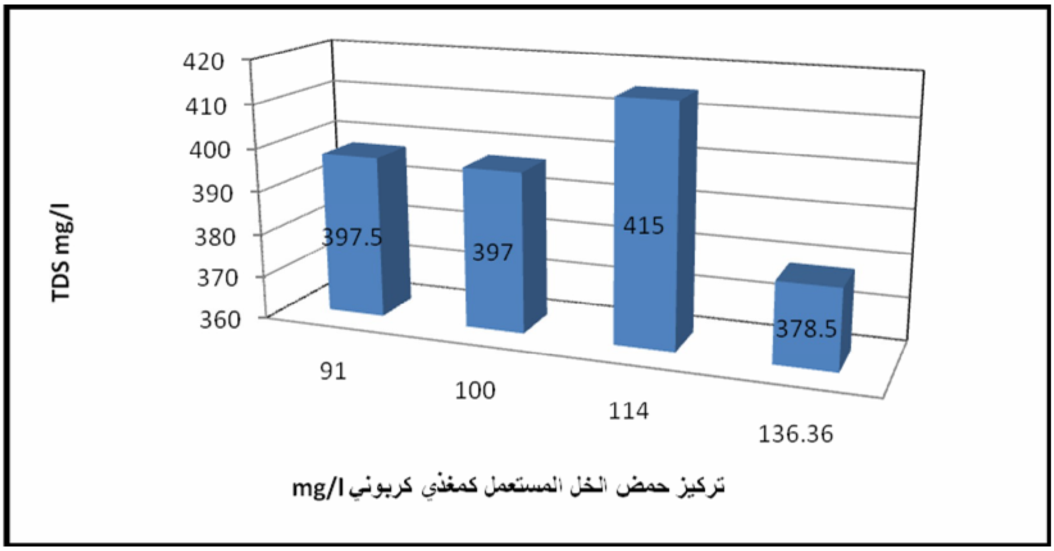
الشكل (3−17) تغير تركيز النتريت الخارج الوسطي مع تغير تركيز حمض الخل الداخل بتركيزللنترات في الماء الخام 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل(3−17) أن تركيز النتريت الخارج الوسطي يتناقص بازدياد تركيز حمض الخل الداخل وبما أن تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل هو ذو أهمية كبيرة على عملية المعالجة وإن وجوده يعني قصوراً في عملية المعالجة فإنه يمكن إعتبار أن إنقاص تركيز حمض الخل عن ما يقارب 136mg/l أو بالأحرى إنقاص C/N عن 2.4 أدى إلى جعل المياه الخارجة من المفاعل غير موافقة للشروط .

ويبين الجدول(3−13) التالي تغير قيم الـTDS بتغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني.

الجدول(3−13)

TDS في الماء الخارج من المفاعل	**C/N**	**تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني**	**تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين**	**تركيزالنترات في الماء الداخل إلى المعالجة**
mg/l		mg/l	mg/l	mg/l
397.5	1.6	91	3	100
397	1.77	100	3	100
415	2.02	114	3	100
378. 5	2.4	136.36	3	100

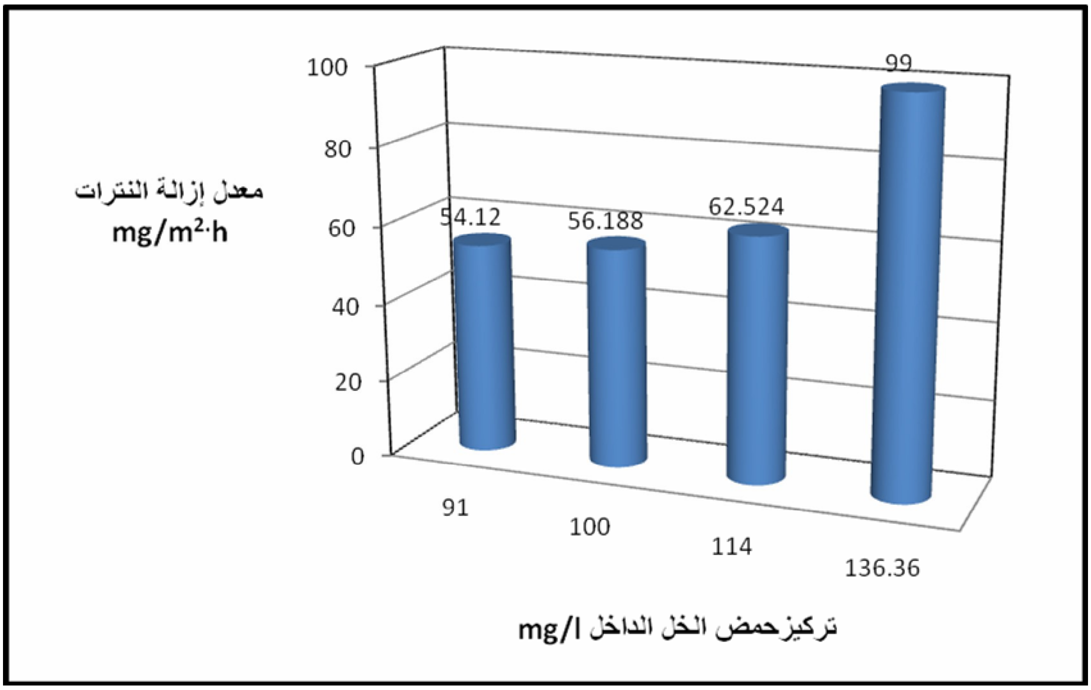


الشكل (3-18) تغير قيم الــTDS مع تغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة الداخل 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

ويبين الجدول (3-14) التالي تغير معدل إزالة النترات بتغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني .

الجدول(3-14)

معدل إزالة النترات	تركيزالنترات في الماء الخارج من المفاعل	تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	تركيزالنترات الداخل
mg $NO_3/m^2.h$	mg/L	mg/l	mg/l	mg/l
54.12	47.5	91	3	100
56.188	45.5	100	3	100
62.524	39.34	114	3	100
99	3.76	136.36	3	100



الشكل (3-19) تغير معدل إزالة النترات مع تغير تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة الداخل 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل (3-19) أن معدل إزالة النترات يزداد بزيادة تركيز حمض الخل الداخل .

وبشكل عام يمكن أن نلاحظ :

1. إن قيم PH للماء المعالج لجميع تراكيز حمض الخل كانت ضمن القيم المسموحة.
2. جميع قيم TDS للماء المعالج لجميع تراكيز حمض الخل كانت ضمن القيم المسموحة .
3. إن تراكيز حمض الخل المتراوحة بين 91mg/l و114 mg/l أو نسبة C/Nالمتراوحة بين 1.6-2.02أعطت معالجة قاصرة من ناحية النتريت .
4. إن تراكيز حمض الخل المتراوحة بين 91 mg/l 136.36 mg/l أو نسبة C/N المتراوحة بين 1.6- 2.4 أعطت كمية لـ NO_3^- في الماء الخارج من المفاعل معقولة لتركيز بدائي 100 mg/lأما إذا زاد تركيز البدائي عن هذه القيمة فقد يكون الوضع مخالفاً تماماً وقد تبقى نسبة C/N المساوية لـ2.4 هي المقبولة من ناحية النتريت والنترات.

من الجداول(3-7) (3-8) (3-9) (3-10) (3-11) (3-12) (3-13) (3-14) والمنحنيات (3-15) (3-16) (3-17) (3-18)(3-19) أعلاه نلاحظ ما يأتي :

1. إن نسبة الإزالة الوسطية للنترات في مفاعل RBCعندما كان تركيز النترات في الماء الـداخل إلى المفاعل (100mg/l) وتركيز حمض الخل المضاف هو (136.36mg/l) أي عندما كانـت نسبة (C/N=2.4) هي (96.27%)ونلاحظ أنها نسبة إزالة ممتازة وتحقق الشروط المفروضـة لمياه الشرب أي أن النترات في المياه الخارجة لم يزد تركيزه عن (6 mg/l) في أسوأ الحـالات علماً بأن التركيز المقبول للنترات في مياه الشرب هو(50 mg/l). حسب المواصـفة القياسـية السورية رقم /45/ الخاصة بمياه الشرب – المراجعة الثانية [40].

2. من أجل تركيز للنترات الداخل إلى المفاعل (100mg/l) وتركيز لحمض الخل المـضاف هـو (136.36mg/l) وصل تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة وسـطية هـي (0.01 mg/l) وهو أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الـشرب حـسب المواصـفة القياسـية السورية المذكورة أعلاه حيث تنص المواصفة على أن الحد المسموح به للنتريت في مياه الشرب هو 0.2mg/L وهذا يدل على أن البكتريا التي كانت تقوم بإزالة النترات كانت تقوم بهذه الإزالة بشكل جيد ولم تتوقف عند مرحلة تحوله إلى النتريت.

3. أيضاً من أجل تركيز للنترات الداخل إلى المفاعل (100mg/l) وتركيز لحمض الخل المـضاف هو (136.36mg/l) وصلت قيمة الـ TDS للمياه الخارجة من المفاعل في الظروف المذكورة أعلاه إلى قيمة وسطية هي (378.5mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الـشرب. حيث تنص المواصفة السورية رقم /45/ على أن الحد المسموح به لـTDS في مياه الشرب هو . 900 mg/l

4. كانت أيضاً لحالة المياه المذكورة أعلاه ولجرعة حمض الخل المذكورة أعلاه قيمة PH الميـاه الخارجة من المفاعل تتراوح بين (8.08) وبين (8.75) وهي ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب حسب المواصفة السورية رقم /45/ حيث إن الحد المسموح به يتراوح بين (6.5-9)وان تغير PH للمياه الخارجة من المفاعل يعود إلى أن تفاعل النترات مع حمض الخل يـتم حـسب المعادلة التالية :

$$8\,NO_3^- + 5CH_3COOH \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$$

إن ظهور OH^- يؤدي إلى رفع PH للماء الخارج من المفاعل وإن ظهور CO_2

إذا بقي منحلاً في الماء يؤدي إلى تخفيض PH وإن بقاء شاردة OH^-في المـاء وتطـاير جزء من CO_2 إلى الهواء الجوي أدى إلى هذه الزيادة الطفيفة لقيمة PH

5. إن تخفيض تركيز مغذي حمض الخل من (136.36 mg/l) إلى (114mg/l) لتصل نسبة C/N إلى (2.02) سبب إساءة واضحة في كفاءة إزالة النترات في مفاعـل (RBC) لتـصل كفـاءة

الإزالة الوسطية للنترات إلى (60.66%) تقريباً ولم تزل كمية النترات الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل هي ضمن الحدود المسموحة (NO_3^- = 39.34 mg/l) وكمية النتريت الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل (NO_2^- = 2.33 mg/l) وهي خارج الحدود المسموحة لمياه الشرب مع العلم أنه في احدى التجارب حصلنا على قيمة شاذة للنتريت الخارج مقدارها(NO_2^- = 0.5 mg/L) وهي أيضا" خارج الحدود المسموحة وكانت قيمة الـ PH تتراوح بين (8.33) و (8.43) وهي ضمن الحدود المسموحة ووصلت أيضاً قيمة TDS الوسطية إلى (415mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة.

6. إن تخفيض كمية مغذي حمض الخل من (114 mg/l) لتصل إلى (100mg/l) لتصل نسبة C/N إلى قيمة (1.77) سبب إساءة في كفاءة إزالة النترات في مفاعل (RBC) منقوص الأكسجين لتصل كفاءة الإزالة الوسطية للنترات إلى (54.5%) تقريباً ولم تزل كمية النترات الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل هي (NO_3^- = 45.5 mg/l) وضمن الحدود المسموحة ووصلت كمية النتريت الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل إلىNO_2^- = 3.3 mg/L وهي خارج الحدود المسموحة لمياه الشرب مع العلم أنه في احدى التجارب حصلنا على قيمة أفضل للنتريت الخارج مقدارهاNO_2^- = 0.9 mg/L وهي أيضا" خارج الحدود ضمن الحدود المسموحة. وكانت قيمة الـ PH أيضاً تتراوح بين (8.2) وبين (8.26) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة ووصلت قيمة الـ TDS الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل إلى (397mg/l) وهي ضمن الحدود المسموحة.

7. إن تخفيض كمية مغذي حمض الخل من 100 mg/lإلى (91 mg/l)لتصل نسبة C/N إلى قيمة (1.6) سبب إساءة بسيطة في كفاءة إزالة النترات في مفاعل RBC منقوص الأكسجين لتصل كفاءة الإزالة الوسطية للنترات إلى 52.5% تقريباً ووصلت قيمة النترات الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة حرجة NO_3^- = 47.5 mg/L ووصلت كمية النتريت الوسطية أيضاً NO_2^- = 3.7mg/l وهي خارج الحدود المسموحة وكانت قيمة الـPH أيضاً تتراوح بين (8.02) وبين (8.38) وهي ضمن الحدود المسموحة أيضا ووصلت قيمة الـ TDS إلى قيمة mg/l (397.5) وهي ضمن الحدود المسموحة أيضاً.

8. نلاحظ من أن معدل إزالة النترات بواحدات $mg/m^2.h$ كان يزداد بزيادة تركيز حمض الخل الداخل إذ وصل هذا المعدل إلى $54.1mgNO_3 /m^2.h$ عند تركيز لحمض الخل الداخل 91mg/1 وارتفع إلى $99\ mg\ NO_3 / m^2.h$ عند زيادة تركيز حمض الخل إلى136.36mg/l أي عند ارتفاع قيمة C/N من 1.6إلى 2.4 من هذا نلاحظ أن زيادة جرعة حمض الخل 1.5

مرة ترافق مع زيادة معدل إزالة النترات أي مع معدل نشاط البكتريا التي تقوم بهذا العمل 1.83 مرة .

3-4-3 دراسة أداء الإيتانول كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات في مفاعل RBC:

حيث تم في هذه المرحلة دراسة تأثير الإيتانول(C_2H_5OH)على عملية المعالجة البيولوجية حيث تم إضافته إلى الماء الخام بتراكيزmg/l (80-100-114-138.8) من الإيتانول كمغذي كربوني وتم إضافة (3mg/l) من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين(H_2NaPO_4)كمصدر فوسفوري للبكتريا وقمنا بإدخال الماء الخام إلى المفاعل لدراسة أدائه في عملية المعالجة البيولوجية في مفاعل (RBC) منقوص الأكسجين كما تم في المرحلة الأولى وكان تدفق الماء الداخل إلى المفاعل (93ml/min) بحيث أمن زمن مكوث هيدروليكي ضمن المفاعل مقداره (24) ساعة وكان تركيز النترات في الماء الداخل إلى المعالجة هو 100mg/l وبمعدل تحميل 103 mg $NO_3/m^2.h$ وكانت النتائج حسب الجداول(3-15) (3-16) (3-17) (3-18) التالية :

الجدول(3-15)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز الإيتانول	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	138. 8	3.2	100	0	0	7.46	450	625	-	-
1	24	138. 8	3.2	7	93	0.02	8.1	385	534	7.75	93.25
2	48	138. 8	3.2	5	95	0.03	8.07	387	538		
3	72	138. 8	3.2	8	92	0.01	8.08	390	540		
4	96	138. 8	3.2	7	93	0.02	8.08	391	541		

الجدول(3−16)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز الإيتانول	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الازالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	114	2.63	100	0	0	7.46	430	595	-	-
1	24	114	2.63	8	92	0.02	7.77	325	452	10.4	89.64
2	48	114	2.63	10	90	0.01	7.79	328	455		
3	72	114	2.63	11.44	88.6	0.02	7.9	329	456		
4	96	114	2.63	12	88	0.03	7.59	326	454		

الجدول(3−17)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز الإيتانول	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الازالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	mg/l	%
0	0	100	2.3	100	0	0	7.46	415	575	-	-
1	24	100	2.3	22	78	0.04	7.7	324	451	21	79
2	48	100	2.3	22	78	0.03	7.68	321	446		
3	72	100	2.3	20	80	0	8.04	323	454		
4	96	100	2.3	20	80	0.02	7.6	323	451		

الجدول (3−18)

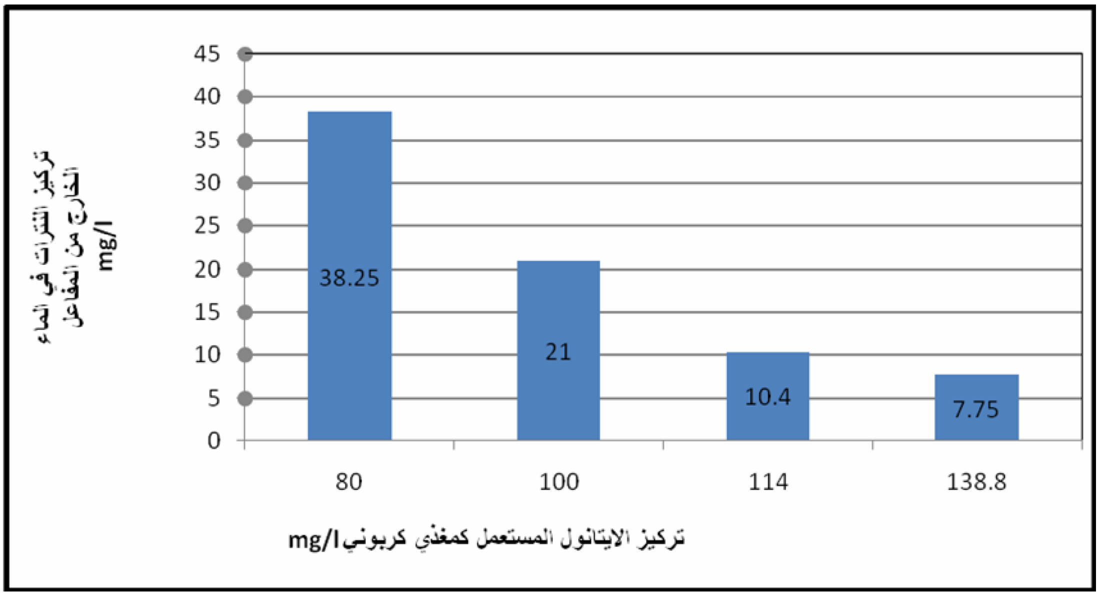
رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز الإيتانول	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الازالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	80	1.84	100	0	0	7.46	495	525	-	-
1	24	80	1.84	35	65	0.03	7.45	322	448	38.25	61.75
2	48	80	1.84	39	61	1.7	7.74	322	448		
3	72	80	1.84	40	60	0.03	7.45	322	448		
4	96	80	1.84	39	61	0.03	7.46	322	448		

وتعبر الأشكال الآتية عن التغيرات الحاصلة في هذه المرحلة حسب القيم المبينة في الجداول التالية

ويبين الجدول (3−19) التالي تغير تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل بتغيــر تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني للبكتريا :

الجدول(3−19)

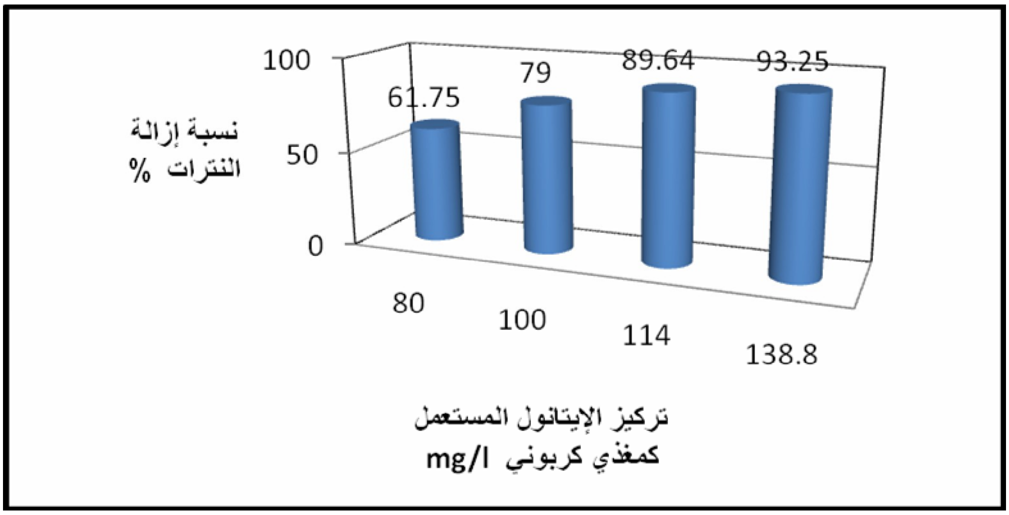
تركيزالنترات الداخل إلى المفاعل	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين المضاف كمغذي	تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني	تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل	النسبةالوسطية لإزالة النترات
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
100	3	80	38.25	61.75
100	3	100	21	79
100	3	114	10.4	89.64
100	3	138.8	7.75	93.25



الشكل (3−20)تغير تركيز النترات في الماء المعالج الخارج من المفاعل مع تغير تركيز مغذي الإيتانول الداخل بتركيزللنترات في الماء الخام 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل أن أقل تركيز للنترات في الماء الخارج من المفاعــل هــو(7.75mg/l) عندما كان تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني (138.8 mg/l) .

ويبين الشكل (3−21) تغير نسبة الإزالة للنترات في الماء الخارج من المفاعل بتغير تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني



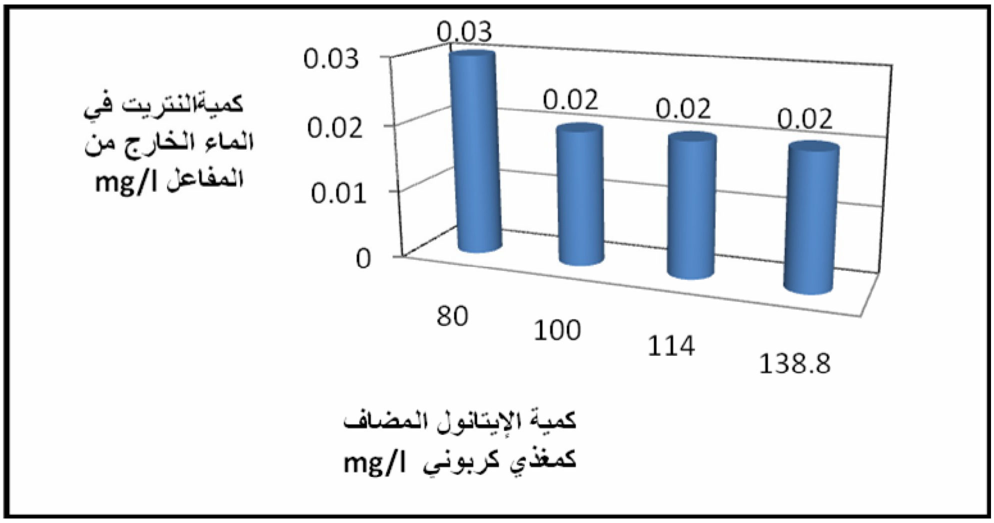
الشكل (3−21) تغير نسبة إزالة النترات مع تغير تركيز الإيتانول الداخل وذلك من أجل تركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل (3−21) أن أكبر نسبة إزالة للنترات هي(93.25%) عندما كــان تركيــز الإيتانول في الماء الداخل إلى المعالجة (138.8 mg/l) .

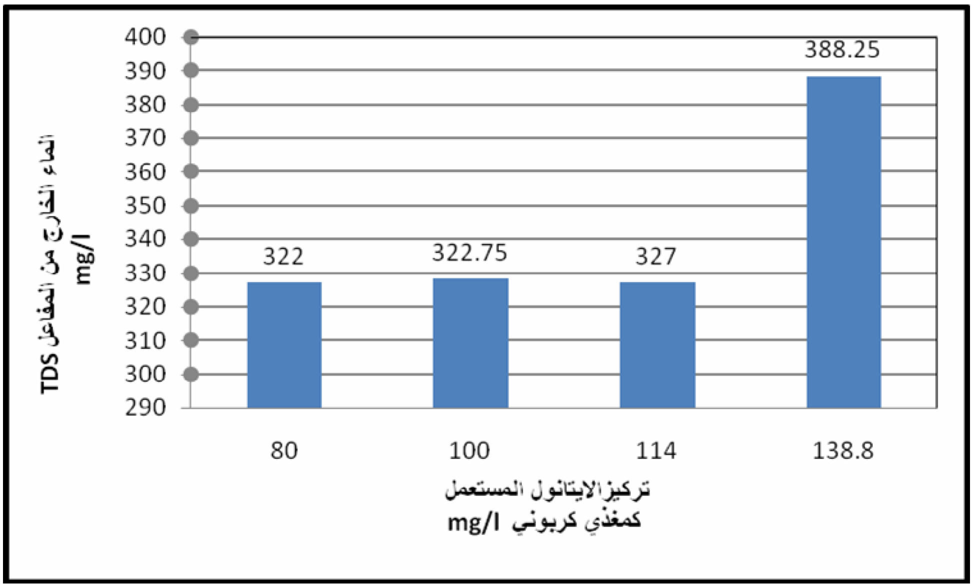
ويبين الجدول (3−20) تغير تركيز النتريت و TDS في الماء الخارج مــن مفاعــل RBC بتغير تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني.

الجدول(3−20)

تركيز النترات في الماء الخام الداخل إلى المعالجة	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	كمية الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني	كمية النتريت في الماء الخارج من المفاعل	TDS
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
100	3	80	0.03	322
100	3	100	0.02	328.25
100	3	114	0.02	327
100	3	138.8	0.02	388.25



الشكل (3−22) تغير تركيز النتريت الخارج الوسطي مع تغير تركيز الإيتانول الداخل بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

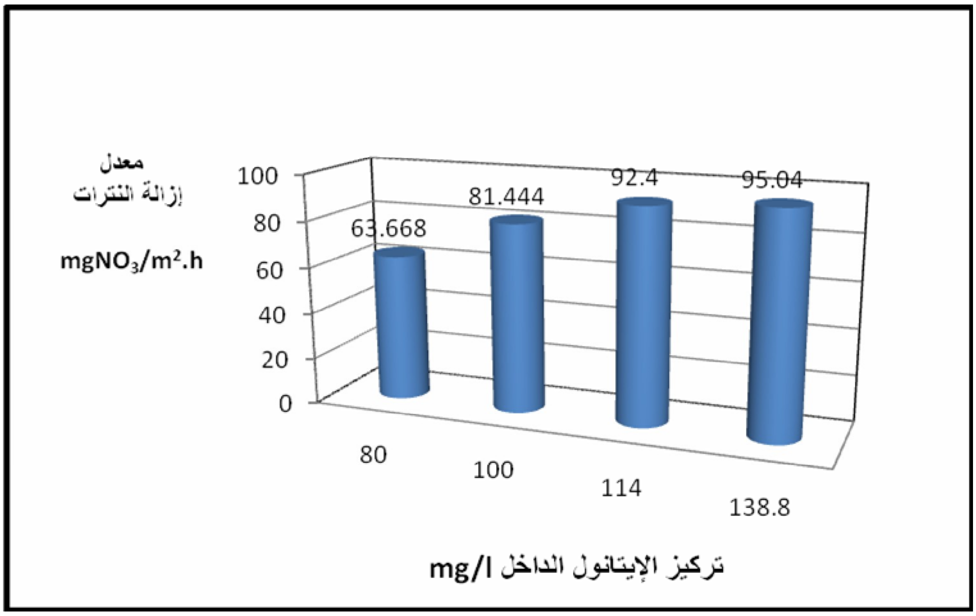


الشكل (3-23)تغير قيم الــ في TDS في الماء المعالج في مفاعل RBC مع تغير تركيز الإيتانول المضاف كمغذي كربوني بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

ويبين الجدول(3-21) تغير معدل إزالة النترات بالــ$mgNO_3/m^2.h$ في الماء الخارج من مفاعل RBC بتغير تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني

الجدول(3-21)

معدل إزالة النترات	تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل	تركيز الإيتانول المستعمل كمغذي كربوني	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	تركيزالنترات الداخل mg/l
$mgNO_3/m^2 \cdot h$	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
63.668	38.25	80	3	100
81.444	21	100	3	100
92.4	10.4	114	3	100
95.04	7.75	138.8	3	100



الشكل (3−24)تغير قيم معدل إزالة النترات بالــ$mg/m^2.h$ في الماء المعالج في مفاعل RBC مع تغير تركيز الإيتانول المضاف كمغذي كربوني بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية تقريباً.

نلاحظ من الشكل (3−24) أن معدل إزالة النترات يزداد بزيادة تركيز الإيتانول المضاف كمغذي كربوني كما هو الحال بالنسبة إلى حمض الخل المدروس سابقاً وإن ازدياد تركيز الإيتانول 1.74 مرة قد ترافق مع زيادة نشاط البكتريا وبالتالي زيادة معدل إزالة النترات 1.5 مرة.

من الجداول (3−15) (3−16) (3−17) (3−18) (3−19) (3−20) (3−21) والأشكال (3−20) (3−21) (3−22) (3−23) (3−24) أعلاه نلاحظ مايأتي :

1. إن نسبة الإزالة الوسطية للنترات في مفاعل (RBC) كانت بحدود (93.25%) وذلك عندما كان تركيز النترات في الماء الداخل للمعالجة هو (100mg/ l) وكان تركيز الإيتانول المضاف هو (138.8mg/l) أي عندما كانت نسبة (C/N=3.2) [وهي نسبة الكربون في الإيتانول إلى النتروجين في النترات] ونلاحظ أنها نسبة إزالة ممتازة وتحقق الشروط المفروضة لمياه الشرب أي أن النترات في المياه الخارجة لم يزد تركيزه عن (8mg/l) في أسوأ الحالات علماً بأن التركيز المقبول للنترات في مياه الشرب هو(50 mg/l). حسب المواصفة القياسية السورية رقم /45/ الخاصة بمياه الشرب المراجعة الثانية [40].
2. من أجل تركيز للنترات الداخل إلى المفاعل (100mg/l) وتركيز الإيتانول المضاف هو (138.8mg/l) وصل تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة وسطية هي

(0.02 mg/L) وهو أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية المذكورة أعلاه حيث تنص المواصفة على أن الحد المسموح به للنتريت في مياه الشرب هو 0.2mg/L وهذا يدل على أن البكتريا التي كانت تقوم بإزالة النترات كانت تقوم بهذه الإزالة بشكل جيد ضمن حدود التركيز الإبتدائي للنترات 100 mg/l ولم تتوقف عند مرحلة نقله إلى النتريت.

3. كما وصلت قيمة الـ TDS للمياه الخارجة من المفاعل في الظروف المذكورة أعلاه إلى قيمة وسطية هي (388mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الشرب. حيث تنص المواصفة السورية رقم /45/ على أن الحد المسموح به لـTDS في مياه الشرب هو 900mg/l

4. كانت أيضاً لحالة المياه المذكورة أعلاه ولجرعة الإيتانول المذكورة أعلاه تتراوح قيم PH للمياه الخارجة من المفاعل بين 8.07 و8.1 وهي ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب حسب المواصفة السورية رقم /45/ حيث إن الحد المسموح به هو (6.5-9).

وأيضاً فمنه يمكن تفسير الإرتفاع البسيط لقيم PH للمياه المعالجة هو ظهور شاردة OH^- حسب المعادلة :

$$12NO_3^- + 5C_2H_5OH \rightarrow 6N_2 + 10CO_2 + 9H_2O + 12OH^-$$

وإن انزياح 12مكافئ من NO_3 أدى إلى ظهور 12 مكافئ من OH^- تسبب رفع PH وأيضاً إلى ظهور CO_2 يسبب انخفاض PH لو بقي منحلاً في الماء و CO_2 يمكن أن يرتفع إلى الهواء الجوي جزء كبير منه فإن المحصلة ستكون رفعاً بسيطاً لقيمة PH بنتيجة العمل .

5. إن تخفيض كمية مغذي الإيتانول من (138.8 mg/l) إلى (114mg/l) لتصل نسبة C/N إلى (2.63) سبب انخفاضاً بسيطاً في كفاءة إزالة النترات في مفاعل (RBC) لتصل كفاءة الإزالة الوسطية للنترات إلى (89.6%) تقريباً ولم تزل كمية النترات الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل(NO_3^- = 10.4 mg/L) ضمن الحدود المسموحة وكمية النتريت الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل(NO_2^- =0.02 mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة وPH تتراوح بين 7.59و7.9 وهي ضمن الحدود المسموحة ووصلت أيضاً قيمة TDS الوسطية إلى (327mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة.

6. إن تخفيض كمية مغذي الإيتانول من (114 mg/l) إلى (100mg/l) لتصل نسبة C/N إلى قيمة (2.3) سبب انخفاضاً في كفاءة إزالة النترات في مفاعل (RBC) منقوص الأكسجين لتصل كفاءة الإزالة الوسطية للنترات إلى (79%) تقريباً ولم تزل كمية النترات الوسطية في المياه

الخارجة من المفاعل ($NO_3^- = 21$ mg/l) وهي ضمن الحدود المسموحة ووصلت كمية النتريت الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل إلى ($NO_2^- = 0.02$ mg/l) وهي ضمن الحدود المسموحة. وكانت قيمة PH تتراوح بين7.6و 8.04 وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة ووصلت قيمة الـ TDS الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل إلى (322.75mg/l) وهي ضمن الحدود المسموحة.

7. إن تخفيض كمية مغذي الإيتانول إلى (80 mg/l) لتصل نسبة C/N إلى قيمة (1.84) سبب انخفاضا" واضحا" في كفاءة إزالة النترات في مفاعل RBC منقوص الأكسجين لتصل كفاءة الإزالة الوسطية للنترات إلى (61.75 %) تقريباً ولم تزل كمية النترات الوسطية في المياه الخارجة من المفاعل هي ضمن الحدود المسموحة ($NO_3^- = 38.25$ mg/l) ووصلت كمية النتريت الوسطية أيضاً $NO_2^- = 0.03$ mg/l علماً بأنه في إحدى التجارب حصلنا على قيمة شاذة للنتريت الخارج مقدارها (1.7 mg/l) وهي خارج الحدود المسموحة وقد يعود الأمر إلى ضعف نشاط البكتريا في إتمام التفاعل من نتريت إلى غاز النتروجين قبيل أخذ العينة بسبب ما وكانت قيمة الــPH للمياه الخارجة من المفاعل تتراوح بين (7.45و 7.74). ووصلت قيمة الـ TDS إلى قيمة mg/l (322) وهي ضمن الحدود المسموحة أيضاً.

8. نلاحظ من أن معدل إزالة النترات بالــ mg $NO_3/m^2.h$ يزداد بزيادة تركيز الإيتانول الداخل وهذا يتوافق مع زيادة نسبة إزالة النترات

3-4-4 دراسة أداء السكروز كمغذي كربوني في عملية إزالة النترات في مفاعل RBC:

حيث تم في هذه المرحلة دراسة تأثير إضافة السكروز($C_{12}H_{22}O_{11}$) كمغذي كربوني على عملية المعالجة البيولوجية في مفاعل (RBC)منقوص الأكسجين حيث تم اضافته إلى الماء الخام بتراكيز mg/l (350−300−250−150) كمغذي كربوني وتم إضافة (3mg/l) من أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين(H_2NaPO_4) كمصدر فوسفوري للبكتريا وتم إدخال الماء الخام إلى المفاعل كما فعلنا في المرحلة الأولى والثانية حيث كان تدفق الماء الداخل إلى المفاعل (93ml/min) بحيث أمن زمن مكوث ضمن المفاعل مقداره (24 ساعة)وكان تركيز النترات في الماء الخام هو100mg/l

وبمعدل تحميل للنترات 103 mg $NO_3/m^2.h$ وكانت النتائج حسب الجداول (3−22) (3−23) (3−24) (3−25) التالية :

الجدول (3−22)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز السكروز	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	150	2.79	100	0	0	7.46	465	645	-	-
1	24	150	2.79	30	70	0.01	7.44	396	566	30.5	69.5
2	48	150	2.79	31	69	0.01	7.5	395	566		

الجدول (3−23)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز السكروز	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	250	4.6	100	0	0	7.44	565	784	-	-
1	24	250	4.6	31	69	0.02	7.22	495	670	30.5	69.5
2	48	250	4.6	30	70	0.02	7.25	496	671		

الجدول (3–24)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز السكروز	C/N	تركيز النترات في عينة الماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	300	5.6	100	0	0	7.46	615	854	-	-
1	24	300	5.6	30	70	0.03	7.19	545	720	30	70
2	48	300	5.6	30	70	0.02	7.2	546	721		

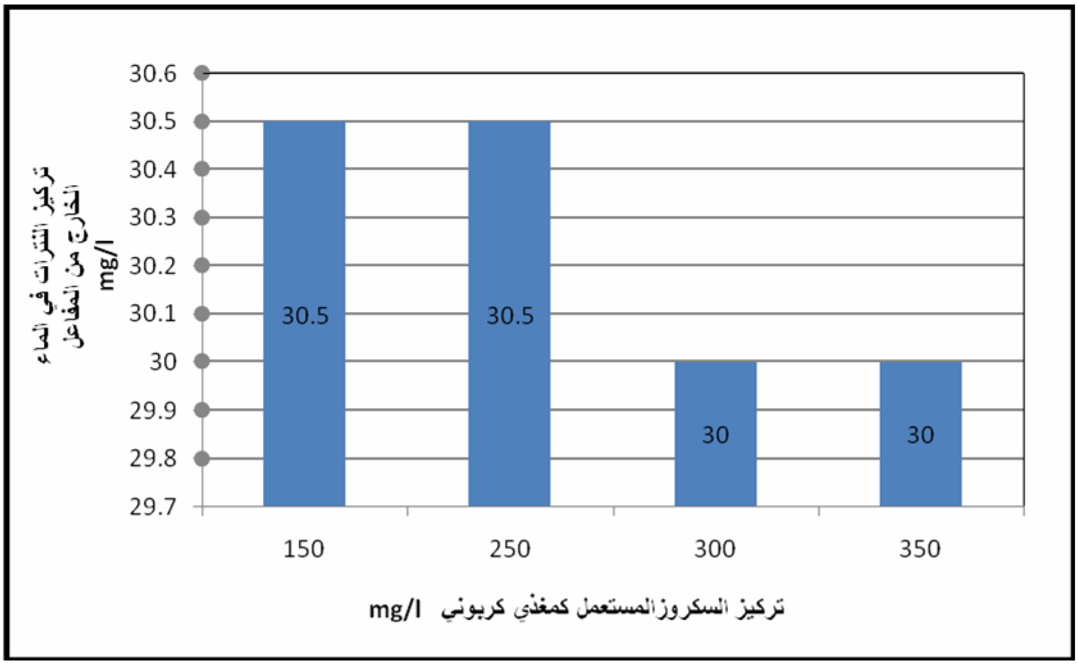
الجدول (3–25)

رقم العينة بعدإضافة المغذيات	زمن أخذ العينة	تركيز السكروز	C/N	تركيز النترات في عينةالماء	نسبة إزالة النترات	تركيز النتريت في عينة الماء	PH	TDS	الناقلية	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية للنترات
	h	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	μs/cm	mg/l	%
0	0	350	6.5	100	0	0	7.46	665	923	-	-
1	24	350	6.5	30	70	0.14	7.14	595	850	30	70
2	48	350	6.5	30	70	0.17	7.15	596	851		

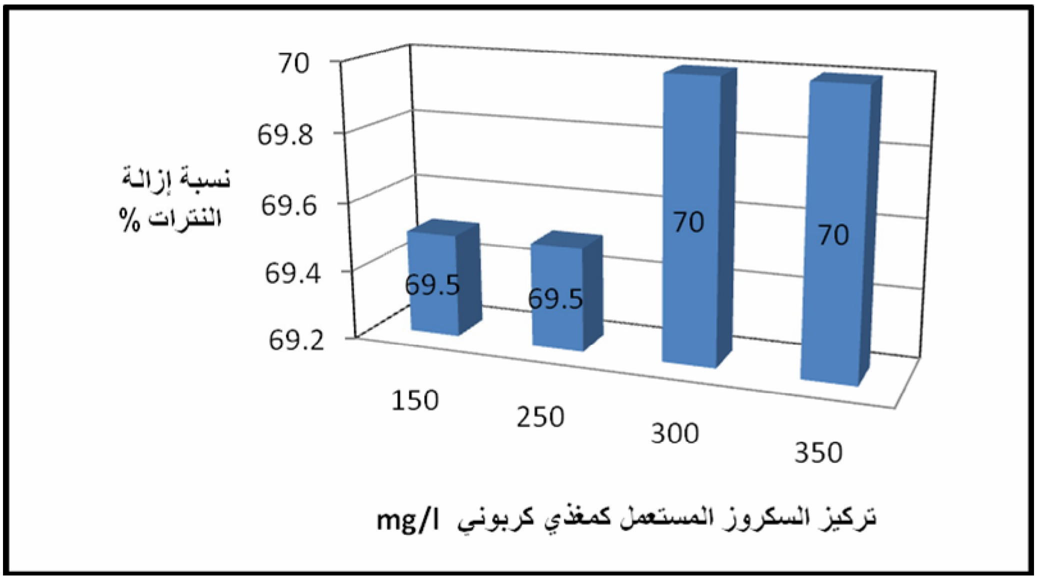
ويبين الجدول(3–26) التالي تغير تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل بتغير تركيــز السكروز المستعمل كمغذي كربوني

الجدول(3-26)

تركيزالنترات في الماء الداخل إلى المعالجة	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	تركيزالسكروز المستعمل كمغذي كربوني	وسطي تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل	النسبة الوسطية لإزالة النترات
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
100	3	150	30.5	69.5
100	3	250	30.5	69.5
100	3	300	30	70
100	3	350	30	70



الشكل (3-25) تغير وسطي تركيز النترات في الماء الخارج من المعالجة مع تغير تركيز السكروز الداخل بتركيز للنترات في الماء الخام 100 mg/l وبدرجة حرارة 20 درجة مئوية تقريباً.



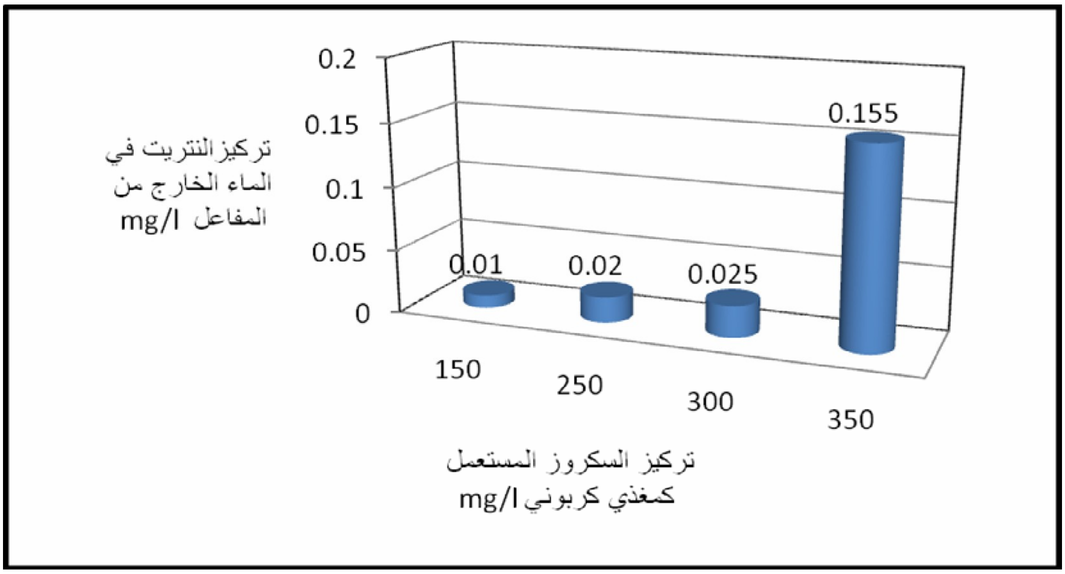
الشكل (3-26) تغير نسبة الإزالة للنترات مع تغير تركيز السكروز الداخل بتركيز للنترات في الماء الخام الداخل إلى مفاعل (RBC) 100 mg/l وبدرجة حرارة 20درجة مئوية

نلاحظ من الشكل أن أكبر نسبة إزالة للنترات في الماء الخارج من المفاعل هي (70%) . وبشكل عام فإن السكروز ضعيف الإمتصاص من قبل البكتريا لأنه أكثر صعوبة في التفكك من الإيتانول أو حمض الخل[30] وإن زيادته لم تكن تسبب زيادة واضحة في كفاءة المعالجة.

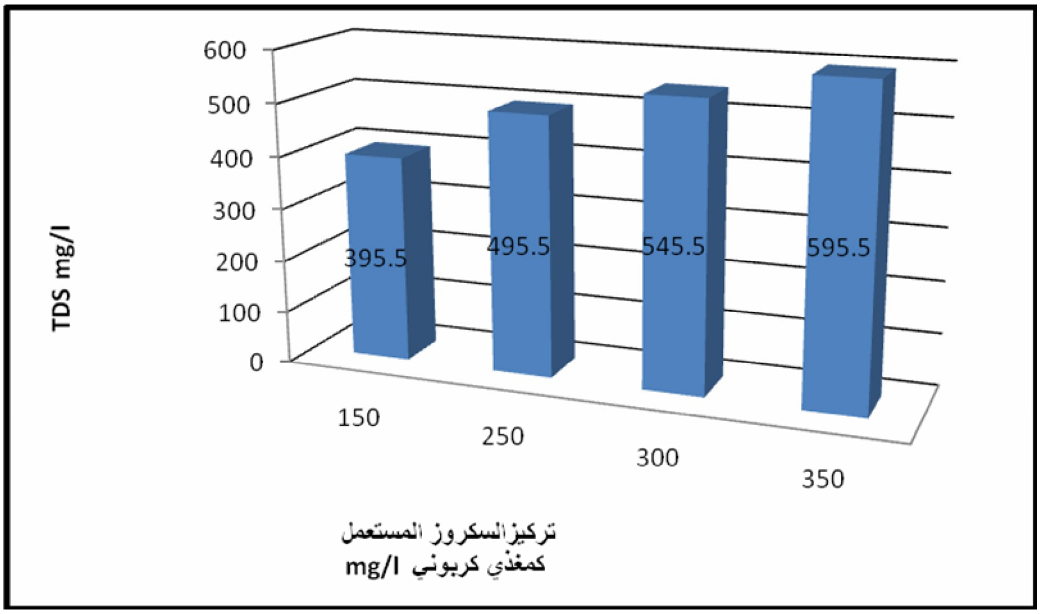
ويبين الجدول (3-27) التالي تغير تركيز النتريت و TDS في الماء الخارج من المعالجة بتغير تركيز السكروز.

الجدول (3-27)

تركيزالنترات في الماء الداخل إلى المعالجة	**تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين**	**تركيزالسكروز المستعمل كمغذي كربوني**	**تركيزالنتريت في الماء الخارج من المعالجة**	**TDS في الماء الخارج من المعالجة**
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
100	3	150	0.02	395.5
100	3	250	0.01	495.5
100	3	300	0.025	545.5
100	3	350	0.155	595.5



الشكل (3−27)تغير التركيزالوسطي للنتريت في الماء المعالج مع تغير تركيز السكروز المستعمل كمغذي كربوني بتركيزللنترات الداخل 100 mg/l وبدرجة حرارة 20 درجة مئوية تقريباً.

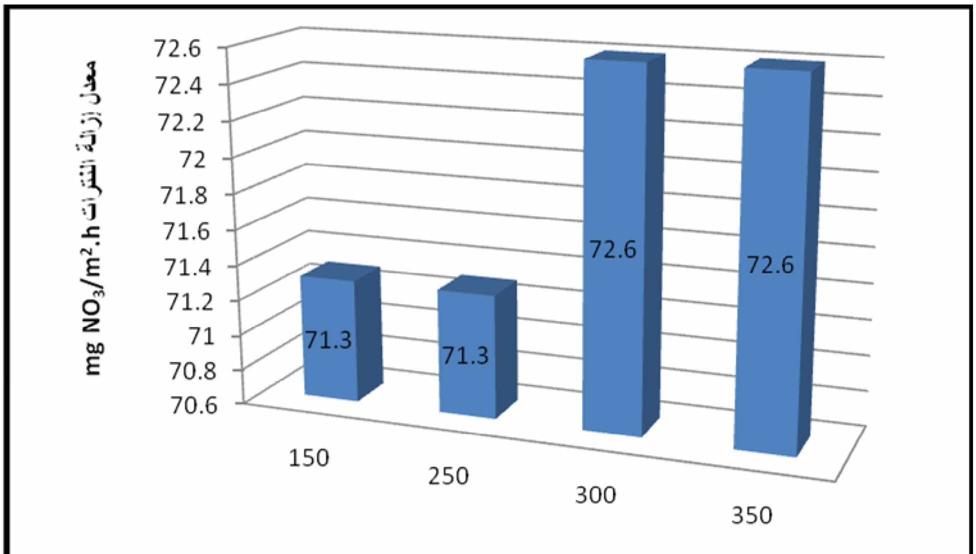


الشكل (3−28) تغير قيم الــ TDS مع تغير تركيز السكروزالمضاف كمغذي كربوني وذلك بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة 100 mg/l وبدرجة حرارة 20 د رجة مئوية تقريباً.

ويبين الجدول(3−28) تغير معدل إزالة النترات بالــ$mg\ NO_3/m^2.h$ في الماء الخارج مــن مفاعل RBC بتغير تركيز السكروز المستعمل كمغذي كربوني.

الجدول(3-28)

تركيزالنترات الداخل	تركيز أورثو فوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين	تركيز السكروز المستعمل كمغذي كربوني	وسطي تركيز النترات في الماء الخارج من المفاعل	معدل إزالة النترات
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	$mgNO_3/m^2.h$
100	3	150	30.5	71.3
100	3	250	30.5	71.3
100	3	300	30	72.6
100	3	350	30	72.6



الشكل (3-29) تغير معدل إزالة النترات مع تغير تركيز السكروز المستعمل كمغذي كربوني بتركيز للنترات في الماء الداخل إلى المعالجة الداخل 100 mg/l وبدرجة حرارة 20 درجة مئوية تقريباً.

من الجـــداول (3-22) (3-23) (3-24) (3-25) (3-26) (3-27) (3-28) والأشـــكال (3-25) (3-26) (3-27) (3-28) (3-29) أعلاه نلاحظ ما يأتي:

1. تراوحت نسبة الإزالة الوسطية للنترات في مفاعل (RBC) منقوص الأكسجين بين (69.5%)

و(70%) وذلك عندما كان تركيز النترات في الماء الداخل للمعالجة هـو (100mg/l) وكـان تركيز السكروز المضاف بـين و (150mg/l) و(300mg/l) وتراوحـت قيمـة C/N بـين (2.79 و6.5) ونلاحظ أنها نسبة إزالة جيدة وتحقق الشروط المفروضة لمياه الـشرب أي أن النترات في المياه الخارجة لم يزد تركيزه عن (30.5 mg/l) في الماء المعالج علماً بأن التركيز المقبول للنترات في مياه الشرب هو(50 mg/l). حسب المواصفة القياسية السورية رقـم /45/ الخاصة بمياه الشرب – المراجعة الثانية [40].

2. من أجل تركيز للنترات في الماء الداخل إلى المفاعل (100mg/l) وتركيز للسكروز المـضاف هو (150 mg/l) وصل تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة وسطية هـي (0.02 mg/l) وهو أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الشرب حـسب المواصـفة القياسـية السورية المذكورة أعلاه حيث تنص المواصفة على أن الحد المسموح به للنتريت في مياه الشرب هو 0.2mg/l.

3. كما وصلت قيمة الـ TDS للمياه الخارجة من المفاعل في الظروف المذكورة أعلاه إلى قيمة وسطية هي (395.5mg/l) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة لمياه الـشرب. حيـث تـنص المواصفة السورية رقم /45/ على أن الحد المسموح به لـــTDS فـي ميـاه الـشرب هـو 900 mg/L.

4. كانت أيضاً لحالة المياه المذكورة أعلاه ولجرعة السكروز المذكورة أعلاه قيمة الـPH الميـاه الخارجة من المفاعل هي بين (7.44 و7.5) وهي ضمن الحدود المسموح بها لميـاه الـشرب حسب المواصفة السورية رقم /45/ حيث إن الحد المسموح به هو (6.5-9).

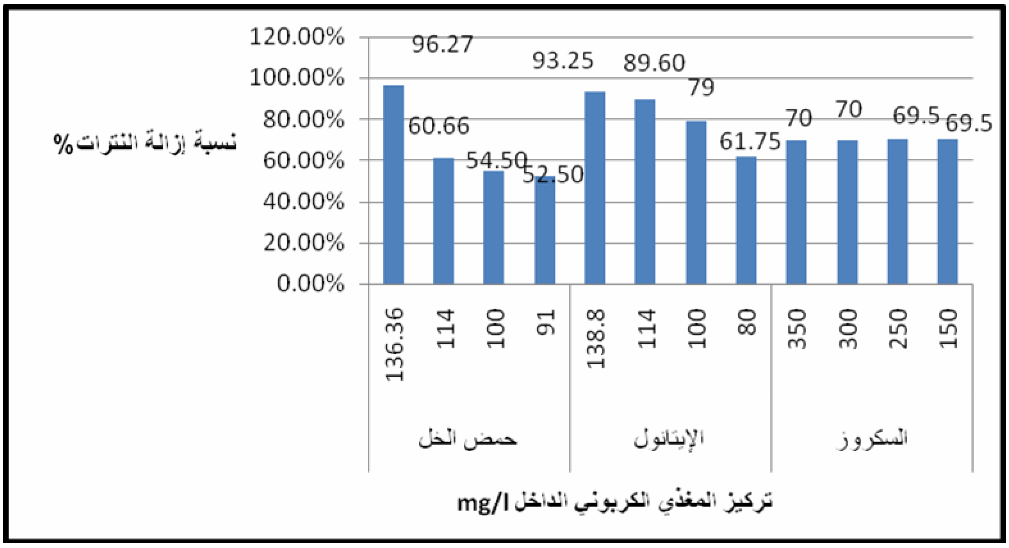
5. مع زيادة كمية مغذي السكروز من (150 mg/l) إلى (250mg/l) ثم إلى (300mg/l) ثم إلـى (350mg/l) لتصل نسبة C/N إلى (4.6) ثم (5.6) ثم (6.5) كانت كمية النتريت الوسـطية في المياه الخارجة من المفاعل أيضاً ضمن الحدود المـسموحة متراوحـة بـين (NO_2^- = 0.01- 0.16 mg/l) وPH تتراوح بـين (7.47,7.17) وهـي ضـمن الحـدود المسموحة وكانت أيضاً قيمة TDS الوسطية تتراوح بين (395.5mg/l) وبين mg/l (595.5) وهي أيضاً ضمن الحدود المسموحة.

6. نلاحظ أيضا" أن معدل إزالة النترات بواحدات $mgNO_3/m^2.h$ يزداد بشكل ضئيل مع زيـادة تركيز السكروز الداخل وهذا يتوافق مع زيادة نسبة إزالة النترات الضئيلة أيضاً.

3-4-5 مقارنة بين المغذيات الكربونية الثلاثة في عملية المعالجة في مفاعل RBC منقوص الأكسجين لمياه تركيز النترات البدائي فيها 100mg/l:

يبين الجدول (3-29) التالي نتائج المعالجة:

المغذي الكربوني	تركيز المغذي الكربوني المضاف	C/N	تركيز النترات الخارج الوسطي	نسبة الإزالة الوسطية للنترات	تركيز النتريت الخارج الوسطي	PH	TDS mg/l	الناقلية	معدل إزالة النترات
	mg/l		mg/l	%	mg/l		mg/l	µs/cm	$mgNO_3/m^2.h$
حمض الخل	136.36	2.4	3.73	96.27	0.01	8.08-8.75	378. 5	528	99
	114	2.02	39.3	60.66	2.33	8.33-8.43	415	573.75	62.524
	100	1.77	45.5	54.50	3.3	8.2-8.26	397	551.5	56.188
	91	1.6	47.5	52.50	3.7	8.02-8.38	397.5	552.25	54.12
الإيتانول	138.8	3.2	7.75	93.25	0.02	8.07-8.1	388.25	538.25	95.04
	114	2.63	10.4	89.60	0.02	7.59-7.9	327	454.5	92.4
	100	2.3	21	79	0.02	7.6-8.04	328.25	450.5	81.444
	80	1.84	38.3	61.75	0.03	7.45-7.74	322	448	63.668
السكروز	350	6.5	30	70	0.16	7.14-7.15	595.5	850.5	72.6
	300	5.6	30	70	0.03	7.19-7.2	545.5	720.5	72.6
	250	4.6	30.5	69.50	0.02	7.22-7.25	495.5	670.5	71.3
	150	2.79	30.5	69.50	0.01	7.44-7.5	395.5	566	71.3



الشكل (3−30) تغير نسبة الإزالة مع تغير تركيز المغذي الكربوني

من الجدول والمخطط البياني نلاحظ :

1. إن أفضل إزالة للنترات هي (96.3%) كانت بوجود حمض الخل وبنسبة C/N مقدارها 2.4 كما أن الإيتانول أعطى أيضا نتائج ممتازة بنسبة إزالة (93.3%)وبنسبة C/N مقدارها 3.2 أما السكروز وبسبب أنه أكثر صعوبة في التفكك من الإيتانول وحمض الخل وبسبب ضعف امتصاصه من قبل البكتريا [30] فلم نحصل منه على كفاءة أكثر من (70%).
2. إن استعمال الإيتانول كمغذي كربوني أعطى أفضل النتائج بالنسبة إلى النتريت ولم يسبب أي تطور لقيم غير مقبولة منه في الماء المعالج .

الفصل الرابع

النتائج والتوصيات

التعليق على النتائج :

1. إن وجود نسبة عالية من النترات في المياه الجوفية في الريف السوري يشكل مشكلة إنسانية واقتصادية كبيرة تحتاج إلى حلول سريعة واقتصادية قدر الإمكان.

2. إن معالجة المياه الجوفية الملوثة بالنترات بالطريقة البيولوجية في مفاعل الأقراص البيولوجية الدوارة منقوص الأكسجين أثبت جدارته في إنقاص النترات إلى قيم صغيرة ودون نقل التلوث بالنترات إلى سائل آخر.

3. نلاحظ أن المفاعل في الظروف المخبرية المتوفرة لم يكن قادراً على معالجة المياه الملوثة بالنترات في التراكيز العالية ونلاحظ أن أفضل نسبة إزالة للنترات في مفاعل RBCعندما كان تركيز النترات في الماء الداخل إلى المفاعل (250mg/l) وتركيز حمض الخل المضاف هو (200mg/l) وبزمن مكوث هيدروليكي (24ساعة)هي (74.27%) أي أن النترات في المياه الخارجة كان تركيزه (64.3mg/l) علماً بأن التركيز المقبول للنترات في مياه الشرب هو (50mg/l) حسب المواصفة القياسية السورية رقم /45/ الخاصة بمياه الشرب – المراجعة الثانية [40] ووصل تركيز النتريت في المياه الخارجة من المفاعل إلى قيمة وسطية هي (18.4mg/l) وهي خارج الحدود المسموحة لمياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية المذكورة أعلاه حيث تنص المواصفة على أن الحد المسموح به للنتريت في مياه الشرب هو 0.2mg/L وهذا يدل على أن البكتريا التي كانت تقوم بإزالة النترات في الظروف المخبرية لم تستطع التعامل مع التراكيز الكبيرة من النترات حيث كانت تحول جزءاً لا بأس به من مركبات النترات إلى مركبات النتريت فقط بدون إتمام التفاعل إلى الشكل الغازي .

4. في حالة مياه خام لا يزيد تركيز النترات فيها عن 100mg/l فإن كلاً من حمض الخل والإيتانول أثبتا جدارتهما كمغذيين كربونيين للبكتريا التي تقوم بنقل النترات إلى نتروجين غازي ينطلق إلى الهواء الجوي حيث كان تركيز النترات الوسطي في الماء الخارج من المفاعل بوجود حمض الخل 3.76 mg/l عندما كان تركيز حمض الخل 136.36mg/l وكانت نسبة إزالة النترات (96.27%) وكان تركيز النترات الوسطي في الماء الخارج من المفاعل بوجود الإيتانول 7.75mg/l عندما كان تركيز الإيتانول 138.8mg/l وكانت نسبة إزالة النترات (93.25%) و كانت نسبة المغذي الكربوني إلى نتروجين النترات هي (C/N = 2.4) في حالة حمض الخل (C/N= 3.2) في حالة الإيتانول.

5. إن قيم PH للماء المعالج لجميع تراكيز حمض الخل كانت ضمن القيم المسموحة حيث كانت PH للمياه الخارجة من المفاعل تتغير بسبب تفاعل النترات مع حمض الخل حسب المعادلة :

$$8NO_3^- + 5CH_3COOH \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$$

حيث أن ظهور OH^- يؤدي إلى رفع PH للمياه الخارجة وظهور CO_2 إذا بقي مـنحلاً فـي الماء يؤدي إلى تخفيض PH وبقاء شاردة OH^-. في الماء وتطاير جزء من CO_2إلى الهـواء الجوي يؤدي إلى رفع قيمة PH.

6. جميع قيم TDS للماء المعالج لجميع تراكيز حمض الخل كانت ضمن القيم المسموحة

7. إن تراكيز حمض الخل المتراوحة بين 91mg/l و114 mg/l أو نسبة C/Nالمتراوحة بـين 1.6−2.02أعطت معالجة قاصرة من ناحية النتريت وأدت إلى جعل المياه الخارجة من المفاعل غير موافقة للشروط .

8. إن تراكيز حمض الخل المتراوحة بين 91 mg/l 136.36 mg/l أو نسبة C/N المتراوحـة بين (1.6− 2.4) أعطت كمية لـ NO_3^- في الماء الخارج من المفاعل معقولة لتركيز بـدائي 100 mg/lأما إذا زاد تركيز البدائي عن هذه القيمة فقد يكون الوضع مخالفاً تماماً وقـد تبقـى نسبة C/N المساوية لـ2.4 هي المقبولة من ناحية النتريت والنترات

9. نلاحظ أن معدل إزالة النترات يزداد بزيادة تركيز حمض الخل المستعمل كمغذي كربوني حيث وصلت إلى $99mg\ NO_3/m^2.h$ عندما كان تركيز حمض الخل 136.36mg/l.

10. كانت جميع قيم النتريت في المياه الخارجة من المفاعل عند استخدام الإيتانول كمغذي كربـوني ضمن الحدود المسموح بها للمواصفة القياسية السورية.

11. كانت أيضاً جميع قيم TDS في المياه الخارجة من المفاعل عند استخدام الإيتـانول كمغـذي كربوني ضـمن الحـدود المـسموح بهـا للمواصـفة القياسـية الـسورية وتراوحـت بـين (322−388.25) mg/l.

12. نلاحظ أيضاً أن معدل إزالة النترات في الماء الخارج من المفاعل يزداد بزيادة تركيز الإيتـانول حيث تراوح بين $mg\ NO_3/m^2.h$ (63.668−95.04)كما هو الحال عند اسـتخدام حمـض الخل .

13. كانت أيضاً قيم PH للمياه الخارجة من المفاعل عند استخدام الإيتانول ضمن الحدود المـسموح بها لمياه الشرب حسب المواصفة السورية حيث كانت ترتفع قيمة PH بسبب ظهور شـاردة OH^- حسب المعادلة :

$$12NO_3^- + 5C_2H_5OH \rightarrow 6N_2 + 10CO_2 + 9H_2O + 12OH^-$$

حيث أن انزياح 12مكافئ من NO_3^- أدى إلى ظهور12مكافئ من OH^- تسبب رفـــع PH و ظهور CO_2 يسبب انخفاض PH لو بقي منحلاً في الماء وإن تطاير بعض مـــن CO_2 إلـــى الهواء الجوي أدى إلى رفع قيمة PH بالمحصلة.

14. أعطى السكروز نتائج جيدة كمغذي كربوني بنسبة إزالة للنترات تراوحت بين (69.5%)وبـــين (70%) وبنسبة مغذ كربوني إلى نتروجين النترات في الماء الخام بين (C/N= 2.79) وبين (C/N= 6.5) وتراوح معدل إزالة النترات بين(71.3−72.6) $mg\ NO_3/m^2.h$ أي أن زيادة السكروز كمغذي كربوني لم يسبب زيادة واضحة في كفاءة الإزالة وذلك لأن تفكـــك الـــسكروز أكثر صعوبة من تفكك الإيتانول وحمض الخل وبالتالي فإن امتصاصه من قبل البكتريـــا أكثـــر صعوبة .

التوصيات

1. يمكن استعمال مفاعل RBC منقوص الأكسجين لإزالة النترات من المياه الجوفيـــة وذلـــك عندما تكون التراكيز البدائية للنترات في الماء الخام غير كبيرة تقارب 100mg/l .
2. نقترح إتباع مفاعل RBC منقوص الأكسجين المستعمل لإزالة النترات بعمليـــة ترســـيب لإزالة قطع الغشاء البيولوجي التي قد تنقشر أثناء المعالجة عن الأقراص الدوارة .
3. نقترح إتباع المعالجة البيولوجية في مفاعل الأقراص البيولوجية الدوارة منقوص الأكـــسجين بمرشح كربون منشط لامتصاص أي فائض من TOC قد ينتج عن المغـــذيات الكربونيـــة والفسفورية التي لم تستهلكها البكتريا..
4. نقترح تعريض المياه الناتجة عن عملية المعالجة إلى تعقيم بالأشعة فوق البنفـــسجية أو أي عملية تعقيم أخرى متوفرة لإزالة فائض الجراثيم التي بقيت في المياه بعد المعالجة .
5. نقترح إجراء المزيد من الدراسة لتقييم تأثير التركيز البدائي للنترات على أداء مفاعل RBC منقوص الأكسجين.
6. نقترح إجراء دراسة حول تأثير المساحة النوعية للأقراص على كفاءة المعالجة.
7. نقترح إجراء دراسة حول تأثير نوع مادة الأقراص على كفاءة المعالجة .
8. نقترح وضع مفاعل آخر على التسلسل مع المفاعل بحيث تخرج المياه من المفاعـــل الأول وتدخل في المفاعل الثاني وذلك للتراكيز الأكبر 100mg/l

الفصل الخامس

الملحقات

الملحق -1- الأجهزة المستعملة لإجراء التحاليل الكيميائية

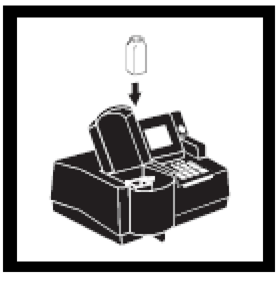
أجهزة التحاليل الكيميائية وطريقة عملها (كلية الهندسة المدنية):

1- جهاز DR/ 4000U spectrophotometer لتحليل النترات والنتريت والكبريتات الموضح في الشكل (م-1):



الشكل (م-1) جهاز DR/ 4000U spectrophotometer

1. خطوات تحليل النترات:



1- نشغل الجهاز الموضح في الشكل (م-1) ونضعه علـــى HACH PROGRAM: 2530، Nitrate HR

2- نملأ الحجرة بـــ 10ml من مياه العينة.

3- نضيف كاشف NitraVer 5 إلى الحجرة.

4- نرج الحجرة التي فيها العينة والكاشف لمدة دقيقة ثم نتركها لتستقر لمدة خمس دقائق.

5- نملأ الحجرة الثانية بـــ 10ml من مياه العينة.

6- نضع الحجرة الثانية في الجهاز ونضغط على zero فيظهر لـــدينا القـــراءة 0.0 mg/L NO_3—N.

7- ننزع الحجرة الثانية من الجهاز لنضع الحجرة المحضرة في الجهاز ونغلق الغطاء لتظهر لنا قيمة النترات بواحدة as NO_3.

2– خطوات تحليل النتريت:

1- نـــشغل الجهـــاز الموضـــح فـــي الـــشكل (م–1) ونـــضعه علـــى: HACH PROGRAM:2610,Nitrite,LR

2- نملأ الحجرة بـــ 10ml من مياه العينة.

1- نضيف كاشف NitraVer 3 إلى الحجرة.

3- نرج الحجرة التي فيها العينة والكاشف لمدة دقيقة ثم نتركها لتستقر لمدة عشرين دقيقة.

4- نملأ الحجرة الثانية بـــ 10ml من مياه العينة.

5- نـــضع الحجـــرة الثانيـــة فـــي الجهـــاز ونـــضغط علـــى zero فيظهـــر لـــدينا القـــراءة 0.0 mg/L NO_2—N.

6- ننزع الحجرة الثانية من الجهاز لنضع الحجرة المحضرة في الجهاز ونغلق الغطاء لتظهر لنا قيمة النتريت بواحدة as NO_2.

2- جهاز قياس الناقلية الكهربائية والأملاح المنحلة (inolab) الموضح في الشكل (م-2):



الشكل (م-2) جهاز قياس الناقلية الكهربائية والأملاح المنحلة(inolab)

<u>خطوات التحليل:</u>

1- تشغيل الجهاز الموضح في الشكل (م-2).

2- معايرة الجهاز بمحلول عياري قياسي للناقلية الكهربائية.

3- وضع العينة في بيشر 100 مل وغمس الإلكترود في مياه البيشر والانتظار حتى استقرار قراءة الشاشة الإلكترونية.

4- قراءة قيمة الناقلية الكهربائية بـــ ميكروسيمنس / سم والأملاح المنحلة بـــ مغ/ ليتر.

3- جهاز قياس الرقم الهيدروجيني (handylab1) الموضح في الشكل (م-3):



الشكل (م-3) جهاز قياس الرقم الهيدروجيني(handylab1)

<u>خطوات التحليل:</u>

1- تشغيل الجهازالموضح في الشكل (م-3).

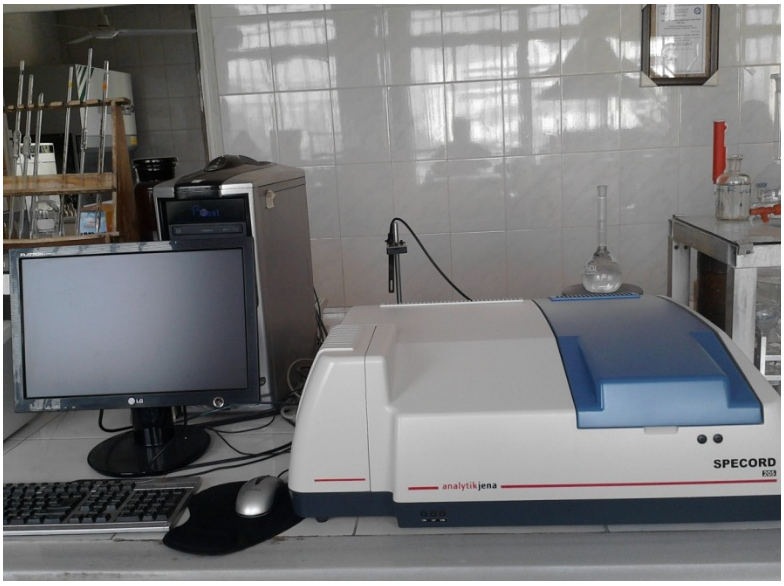
2- معايرة الجهاز بمحلول عياري قياسي للرقم الهيدرجيني.

3- وضع العينة في بيشر 100 مل وغمس الإلكترود في مياه البيشر والانتظار حتى استقرار قراءة الشاشة الإلكترونية.

4- قراءة قيمة الرقم الهيدروجيني مع درجة الحرارة بـــ درجة مئوية.

أجهزة التحاليل الكيميائية (مؤسسة مياه حلب):

لنتأكد من أن قيمنا صحيحة قمنا بإجراء بعض التجارب على بعض من العينات في مخبر الكيمياء في مؤسسة مياه حلب، والتجارب التي قسناها هي النترات والنتريت والأجهزة المستخدمة في المؤسسة موضحة في الشكل (م-4) الذي يوضح جهاز spectrophotometer (specord 205) لقياس النتريت والنترات



الشكل (م-4) جهاز قياس النترات والنتريت

خطوات العمل لاختبار النترات:

أ- نصفر الجهاز بماء مقطر 50مل .

ب- نضع معطيات العينة على الجهاز حيث أن طول موجة النترات (220) ونثبت المعلومات على الحاسب ثم ok وهذه الطريقة تقيس النترات من (0-30)ملغ/لتر وإذا كانت التراكيز أكثر تمدد بالماء المقطر وتضرب بنسبة التمديد

ت- نضيف للعينة المراد قياسها وللماء المقطر 1مل من حمض كلور الماء ويمزج بعنف ونقيس مباشرة .

خطوات العمل لاختبار النتريت:

1-ترشيح العينة 0.04.

2-ضبط PH (5-9) ب N1 NH_4OH HCL.

3-حجم العينة 100مل نأخذ من الكاشف اللوني(الكلوروفورم) 4 مل ونمزج وننتظر 10دقائق ونقرأ على الجهاز حيث أن طول موجة النتريت (543)

الملحق -2-

المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب

الجمهورية العربية السورية

وزارة الصناعة

هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية

قـــرار رقـــــــم (١٠٤)

وزير الصناعة – رئيس مجلس الإدارة ٠

بناء على المرسوم التشريعي رقم /٢٤٨/ تاريخ ١٣/١٠/١٩٦٩ المتضمن إحداث هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية ٠

وعلى أحكام القرار رقم /٤٣١١/ للعام ١٩٨٧ وتعديلاته المتضمن النظام الداخلي للهيئة ٠

وعلى توصية اللجنة الدائمة في جلستها رقم / ٢ / تاريخ ٢٠ / ٣ / ٢٠٠٧

يقـــرر ما يلـــــي :

مادة ١ – تعتمد المواصفة رقم / ٤٥ / الخاصة بـ :

– ميـــاه الشـــرب – المراجعة الثانية

مواصفة قياسية وطنية وتطبق الزامياً بعد ستة أشهر من تاريخ صدور هذا القرار.

مادة ٢– تسري أحكام قانون قمع الغش والتدليس رقم /١٥٨/ لعام /١٩٦٠/ في جميع الحالات المخالفـــة للمواصفة المذكورة في المادة /١/ من هذا القرار، وتقوم كل من وزارة الصناعة ووزارة الاقتصاد والتجارة بمراقبة تطبيق هذه المواصفة كل فيما يخصه ووفقاً للقوانين والأنظمة النافذة .

ما دة ٣ – ينهي مفعول القرار رقم / ١٩٠ / لعام /١٩٩٤/ المتضمن اعتماد المواصفة رقم/ ٤٥/ لعـــام / ١٩٩٤ / وفقاً للمادة /١/ من هذا القرار .

مادة ٤ – ينشر هذا القرار ويبلغ من يلزم لتنفيذه ٠

دمشق فـــي ١٩ / ربيع الآخر/ ١٤٢٨هـ

الموافق لـــ ٧ / ٥ / ٢٠٠٧م

وزير الصناعة

الدكتور المهندس فؤاد عيسى الجوني

صورة الى: – وزارة المالية للنشر

– م٠ الوزير – الديوان العام – الهيئة اللمركزية للرقابة والتفتيش

مدير عام الهيئة – أمانة السر – م٠ غذائية – الديوان

– وزارة الصناعة – وزارة النفط والثروة المعدنية– وزارة الاقتصاد والتجارة –مديرية الانتاج بوزارة الصناعة – مديرية القطاع الخاص والحرف – مديريات صناعة/دمشق/حمص/حلب – مديرية الجمارك العامة – مركز الاختبارات والابحاث الصناعية – غرفة الصناعة– غرفة التجارة – إدارة القضاء العسكري – مكتبة الأسد – أعضاء اللجنة الدائمة

الجمهورية العربية السورية وزارة الصناعة هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية	الموضوع: مياه الشرب " المراجعة الثانية"	م. ق. س 45 / 2007 ICS: 67. 160. 20 S.N.S: 45 / 2007

Drinking water - Second review

1- المجال

تحدد هذه المواصفة القياسية السورية الشروط العامة الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب والصناعات الغذائية . وتشمل الجوانب الحيوية المجهرية، الجوانب الحيوية الأخرى، الجوانب الفيزيائية والكيميائية (المقومات العضوية واللاعضوية ذات الصلة بالصحة العامة والجوانب الجمالية)، المقومات المشعة كما تتضمن طرائق الاعتيان و تكرار يته ودوريته، ونماذج عن التقارير الخاصة بها.

2- التعاريف

1/2 مياه الشرب: هي المياه الصالحة للشرب والصناعات الغذائية والمطابقة في خصائصها لهذه مواصفة.

2/2 الحد المسموح به: ويعني به المدى المرغوب فيه لتركيز عنصر أو مؤشر ما في المياه بحيث تجعلها ذات جودة مرغوبة ولا ينتج عن هذا التركيز أي خطر على الصحة العامة.

3/2 الحد الأقصى: ويعني به أقصى تركيز لأي عنصر أو مؤشر ما في المياه وبحسب الاشتراطات الواردة في هذه المواصفة وفي الظروف الاستثنائية لعدم وجود وتوفر مصدر بديل وأفضل.

3- الشروط العامة

1/3 الجوانب الحيوية المجهرية:

1/1/3 الجوانب الحيوية الجرثومية: يقصد بها التحرى عن وجود جراثيم ممرضة أو غير ممرضة والتي تؤثر على صلاحية المياه للشرب وتحدد هذه الجوانب بما يلي:

رقم قرار الاعتماد	تاريخ الاعتماد	إلزامية التطبيق
104	2007/5/7	

Syrian Arab Organization for Standardization and Metrology

جدول رقم (1)

تسلسل	المكون	الوحدة	الحد الأقصى المسموح به	الملاحظات
	مياه الشرب في الحالات العادية			
1.	القولونيات الكلية	مستعمرة /100مل	صفر	عند درجة حرارة 37° س بعد 24،48 ساعة
2.	الأيشريشياكولي	مستعمرة /100مل	صفر	عند درجة حرارة 44° س بعد 24،48 ساعة
3.	القولونيات البرازية	مستعمرة /100مل	صفر	عند درجة حرارة 37° س بعد 24،48 ساعة
4.	الـتعداد الكلي لجراثيم غير الممرضة ال أخرى	مستعمرة /100مل	200 أو 2000	عند درجة حرارة 37° س بعد 24 ساعة عند درجة حرارة 22° س بعد 72 ساعة
5.	الكلور الحر المتبقي	مغ/ل	0.1- 1	في شبكة التوزيع لا يقل عن 0.1 مغ/ل في نهاية الشبكة في زمن تماس لا يقل30°س ولا تزيد عن 1مغ/ل في بداية الشبكة
	مياه الشرب في حالات الطوارئ			
1.	القولونيات الكلية	مستعمرة /100مل	10	عند درجة حرارة 37° س بعد 24،48 ساعة
2.	الأيشريشياكولي -	مستعمرة /100مل	صفر	عند درجة حرارة 44° س بعد 24،48 ساعة
3.	التعداد الكلي لجراثيم أخرى	مستعمرة /100مل	-	عند درجة حرارة 37° س بعد 24ساعة
4.	المكورات العنقودية الممرضة	مستعمرة /100مل	صفر	
5.	الكلور الحر*	مغ/ل	0.5-2	0.5مغ/ل في نهاية الشبكة مع زمن تماس لا يقل عن 30 دقيقة. و2مغ/ل تضاف في بداية الشبكة

*في حالات الضخ المباشر على الشبكة العامة فالمسموح به هو 2 مغ/ل في بداية الشبكة ولا يقل عن 0.1 مغ/ل في نهاية الشبكة

2/1/3 الجوانب الفيروسية لمياه الشرب:

يجب أن تكون مياه الشرب خالية من الفيروسات (صفر /10 / ل)

2/3 الجوانب الحيوية الأخرى:

يقصد بها التحري عن الكائنات الحية الدقيقة (نباتية أو حيوانية).

1/2/3 يجب أن تكون مياه الشرب خالية من:

1- الأوليات (وحيدات الخلية).

2- الديدان وأطوارها.

3- الكائنات الحية الطليقة (طحالب - فطريات - الاشنيات - الحلزونات - البعوض - برغوث الماء ..... الخ).

3/3 الجوانب الكيميائية والفيزيائية

1/3/3 المقومات اللاعضوية ذات الصلة بالصحة العامة:

يقصد بها تلوث المياه بالمواد الكيميائية السامة والتي تحول دون استعمالها كماء مشروب، ولا يسمح بتجاوز الحدود التالية:

جدول رقم (2)

المكون	الرمز	الوحدة	الحد المسموح به	الحد الأقصى المسموح به
الزرنيخ	As	مغ/ل	0.01	0.01
الكادميوم	Cd	مغ/ل	0.003	0.003
الكروم الكلي	Cr	مغ/ل	0.05	0.05
السيانيد	CN^-	مغ/ل	0.05	0.07
الرصاص	Pb	مغ/ل	0.01	0.01
الزئبق	Hg	مغ/ل	0.001	0.001
السيلينيوم	Se	مغ/ل	0.01	0.01
الموليبديوم	Mo	مغ/ل	0.07	0.07
الباريوم	Ba	مغ/ل	0.1	0.7
النيكل	Ni	مغ/ل	0.02	0.02
الفلور	F	مغ/ل مغ/ل	1.5 0.7	من (8- 16)س. من(25- 30)س.
البور	B	مغ/ل	0.3	0.5
الامونيا	NH4+	مغ/ل	0.5	0.5 شرط صلاحيتها للشرب جرثومياً
النتريت	NO2-*	مغ/ل	0.2	0.2
النترات	NO3-*	مغ/ل	50	**50
الفوسفات	PO4-	مغ/ل	0.5	1
الأوكسجين الكيميائي المستهلك	C.O.D	مغ/ل	2	3
الكربون العضوي الكلي	TOC	مغ/ل	3	5
الانتموان	Sb	مغ/ل	0.005	0.02

** يمكن وفي حالات خاصة جداً وفي حال عدم توفر بديل في المنطقة أن تصل إلى 60مغ/ل على أن تحقق متطلبات الجوانب الحيوية المجهرية نظرا لإمكانية التزامن لكل من النترات والنتريت في مياه الشرب لا يجوز أن يتجاوز مجموع نسب تركيز كل منهما إلى القيمة القياسية المعادلة:

$$1 \geq \frac{C \cdots NO3}{GV \cdots NO3} + \frac{C \cdots NO2}{GV \cdots NO2}$$

حيث C التركيز وGV القيمة القياسية

2/3/3 الجوانب الجمالية لمياه الشرب:

- يجب أن تكون مياه الشرب خالية بصفة عامة من العكر، عديمة اللون والرائحة والرغوة وذات طعم مستساغ، وألا تزيد المواد ذات التأثير على الجودة الجمالية عن الحدود المبينة كما يلي:

جدول رقم (3)

تسلسل	المكون	الرمز	الوحدة	الحد المسموح به	الحد الأقصى* المسموح به
1	الرقم الهيدروجيني	PH	-	6,5-9	عند التعقيم بالكلور يفضل أن يكون ال PH- أقل من 8
2	اللون	TCU	ملغ/ ل كوبالت البلاتين	15	
3	الطعم والرائحة		-	مقبولان لدى معظم المستهلكين	
4	العكارة	TUR	NTU	1	5
5	الناقلية	Cond	ميكروموز/سم	1500	2000
6	مجموع المواد المنحلة الصلبة	T.D.S	ملغ / ل	900	1200
7	القساوة الكلية	T.H	-	500	700
8	الكبريتات	$SO4^{-2}$	-	250	500
9	الكلور الشاردي	CL-	-	250	500
10	الصوديوم	Na	-	200	300
11	المنغنيز	Mn	-	0,2	0.4
12	الحديد	Fe	-	0,3	1
13	النحاس	Cu	-	1	2
14	الالمنيوم	Al	-	0,1	0.2
15	التوتياء	Zn	-	3	5
16	كبريت الهيدروجين	H2S	-	0.01	0.3
17	الفينولات		كغ/ل	0,5	0.5

- TCU وحدة قياس اللون
- NTU وحدة قياس العكارة بمادة النيفلو
- في حال وجود محطة تنقية لمياه الشرب يجب أن يكون تركيز Al بالمياه الناتجة 0.1 مغ/ل
- يسمح بتجاوز العكارة إلى 25 NTU بحالات مؤقتة ولفترة محدودة أثناء فترة الفيضانات أو تفجر الينابيع أو ساعات إجراء تجربة الضخ للبئر
- لا يسمح بتعبئة هذا النوع من المياه في العبوات الاستهلاكية سعة 0.5 و1 و2 و5 و20 لتر.

Nitrate Removal from Ground Water by Biological Treatment in (RBC) Reactor

Abstract

In many regions of Syria groundwater is the primary source for drinking water .Recently, groundwater contamination by nitrate becomes an important problem that facing Syrian Arab Republic.

This research has primary focused on denitrification of groundwater by biological method using anoxic rotating biological contactors (ARBC).

This master thesis studies the efficiency of denitrification using (ARBC) with three carbon sources: acetic acid, ethanol, and sucrose and dehydrogenated sodium orthophosphate as phosphoric nutrient.

Additionally, this thesis shows the establishment of the optimum carbon to nitrogen nitrate. It also evaluates the water quality after denitrification.

1. **Methods of treating water contaminated with nitrates**:
   groundwater contaminated with nitrates can be treated by physical/chemical processes, and biological processes

   A- Physical/chemical processes:

   The most common physical/chemical processes is to remove nitrates that include Ion exchange, and reverse osmosis electrodialysis and distillation. The main advantage of the physical and chemical processes is their simplicity and reliability ,mean while the disadvantage of these processes is the transfer of pollution from the contaminated liquid to a more polluted liquid that we need to get rid of it. This liquid might come back to the groundwater again.

   B- Nitrate Removal By Biological Processes:

   This process converts nitrate into nitrogen gas within an anoxic conditions. However, nitrate in these circumstances will be as an electron acceptor for organic material ‘s oxidation. The biological processes have been shown to be practical, efficient and cost – effective. Most denitrifying bacteria are heterotrophic and require organic carbon source for energy and cell growth. Under anoxic conditions denitrifying bacteria can use nitrate or nitrite as an electron acceptor in place of dissolved oxygen, converting nitrate to harmless nitrogen gas. Organic compounds

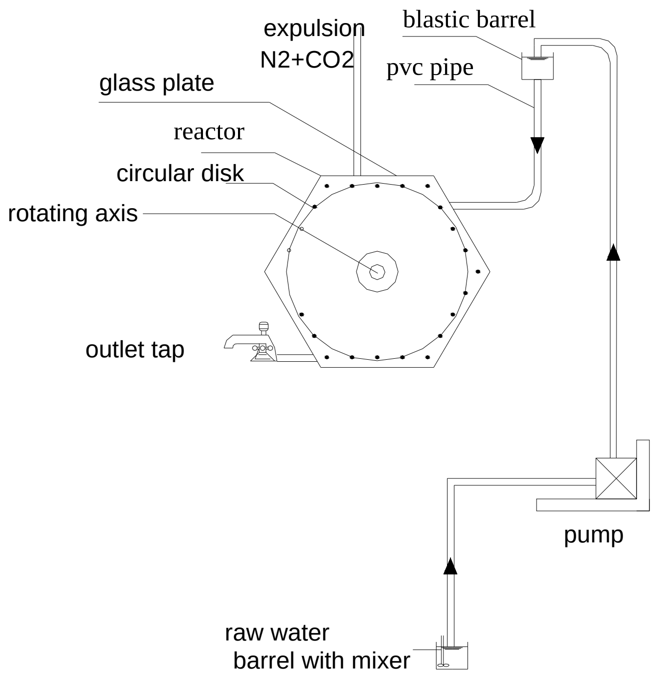
that act as electron donors are added to the water to provide energy for bacteria . Different fixed film processes have been used for biological denitrification using fluidized beds ,packed bed and rotating biological contactors.

In this study, it has been chosen the rotating biological contactors to remove nitrates. The aim of this study is to figure out the possibility of applying this process in treating the groundwater which is contaminated by nitrates. This process has some advantages, suitability for small community, low energy requirements relatively cheap.

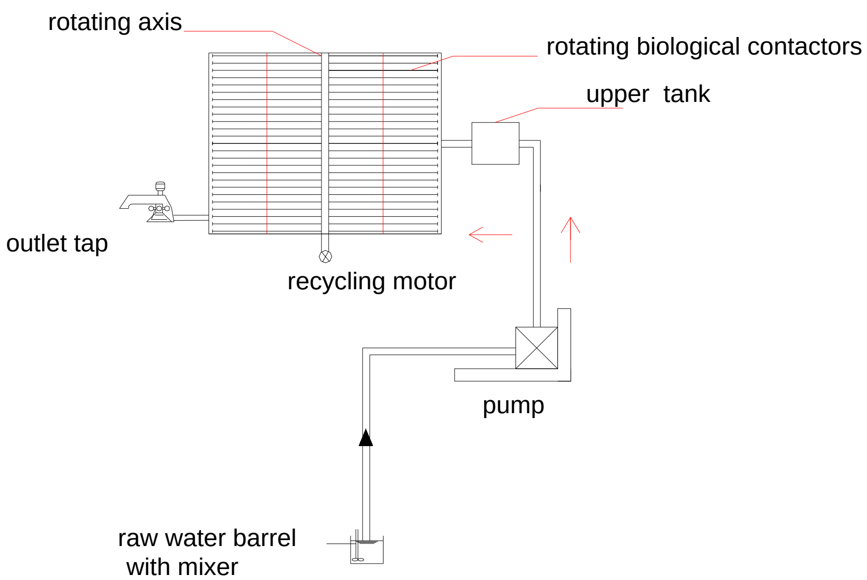
2. **Reactor used for laboratory testing:**

This study has been conducted in a reactor which consists of: A reactor that has a prism shape, made of painted iron sheets and contains 25 circular disks, the spacing between them is 1.5 cm. These disks are rotated by a slow electric motor equipped with a speed box to control the number of rotations around the axis. This rotation occurs around chromium’s axis with a speed of 2 rpm. The top of this reactor is a glass plate to monitor function of the reactor. In addition to that , reactor has a tube to jet out gases from the reactor.

The reactor contains at the bottom an outlet tap to discharge treated water as well as plastic barrels, for mixing the raw water with carbonic and phosphoric nutrients, Charts shows parts of the laboratory reactor



(Figure 1) a section in the established laboratory



(Figure 2) plan of established laboratory

3. **Start up** :

To start up the process reactor was fed continuously and with closed cycle with water rich in nitrate (using sodium nitrate $NaNO_3$ as a source of nitrate) with concentration of about (250mg/l). and (3mg/l) of dehydrogenated sodium orthophosphate (H_2NaPO_4) was added as phosphoric nutrient in addition to acetic acid (CH_3COOH) as the primary source of carbon limits (200mg/l) of acetic acid and the flow was organized inside the reactor up to (93ml/min) which gives hydraulic retention time within the reactor (24) hour and the temperature of water inside the reactor was kept at $(20 \pm 2)^{o}$c The process continued in the reactor until the formation of biofilm on the surfaces of rotating disks , this biofilm is a layer of biomass consisting of bacteria and its products. In the case of the presence of these bacteria in anoxic conditions, they grow on the surfaces of rotating disks using carbon and phosphorus nutrients which are added to the water for energy and cell growth and using nitrate NO_3^- and nitrite NO_2^- as electron acceptor and reducing them to the N_2.

through the research:

It was conducted(4) chains of tests after the start up process, namely:

1 - changing the hydraulic retention times to see the optimum hydraulic retention time in the reactor .

2 – study the performance of acetic acid as carbon-nutrient in the process of nitrates removal in RBC reactor by optimized hydraulic retention time of 24 hours .

3 - Study the performance of ethanol as carbon nutrient in the process of nitrates removal in RBC reactor by optimized hydraulic retention time 24 hours.

4- Study the performance of sucrose as carbon nutrient in the process of nitrates removal in RBC reactor by optimized hydraulic retention time 24 hours .

Results

1.The presence of a high concentration of nitrate in groundwater in rural areas of Syria is a humanity and economic problem and needs solutions to be quick and economical as possible.

2. The treatment of groundwater contaminated with nitrates by biological process in RBC reactor has proved its worth in reducing nitrate to small values and without transfer of nitrate pollution to other liquid.

3. We note that the reactor in the laboratory circumstances was not able to treat the contaminated water with nitrates in high concentrations, we note that the best removal efficiency of nitrate in the reactor RBC when the concentration of nitrates in the influent water (250mg/l) and the concentration of acetic acid added is (200mg/l) and hydraulic retention time (24hours) is (74.27%)that means the concentration of nitrates in the effluent water from the reactor was (64.3 mg/l) noting that the of acceptable concentration of nitrates in drinking water is (50mg/l) as Syrian standard No. / 45 / of drinking water - The second review, and nitrite concentration in the effluent water was(18.4mg/l) which is beyond the allowable limits for drinking water according to Syrian standard mentioned above, that the allowable limit of nitrite (0.2mg/L), and this indicates that the bacteria that remove nitrates were not able to deal with high concentrations of nitrates, where a significant portion of the compounds of nitrate convert to nitrite compounds only ,without the completion of the reaction to the gaseous form.

4- In the case of raw water with concentration of nitrate of about (100mg/l), both acetic acid and ethanol proved their efficiency as carbonic nutrients for bacteria that transport nitrates into nitrogen gas released into the air where the concentration of average nitrates in the effluent water was(3.76mg/l), with the presence of acetic acid with concentration (136.36mg/l) the nitrate removal efficiency was almost (96.27%) and the average concentration of nitrates in the effluent water from the reactor was(7.75mg/l) .

With the presence of ethanol with concentration about (138.8mg/l) the nitrate removal efficiency was (93.25%) with ratio of carbon in carbonic nutrient to nitrate nitrogen (C/N=2.4) in the case of acetic acid and (C/N=3.2) in the case of ethanol.

5. The PH values of the treated water for all the concentrations of acetic acid were within the allowable values where the PH of the effluent water from the reactor are changed by the reaction of nitrates with acetic acid according to the equation:

$$8NO_3^- + 5CH_3COOH \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$$

Since the appearance of OH^-leads to rising the PH of the effluent water and the emergence of CO_2 if it remains dissolved in water leads to reducing of PH and the survival of ions OH^-in the water and flew some of the CO_2 to the atmosphere leads to rising the PH value

6. All the values of TDS of water of all acetic acid concentrations were within the allowable values.

7. The concentrations of acetic acid ranging from(91mg/l)and (114mg/l)or the rate of C/N ranging from (1.6to 2.02) gave poor treatment in term of nitrite and led the effluent water out of Syrian standards.

8. The concentration of acetic acid ranging from (91mg/l-136.36mg/l), or the rate of C/N ranging between(1.6-2.4) gave reasonable amount of NO_3^- in the effluent water of initially nitrates concentration(100mg/l). On the other hand If the initially nitrates concentration increasing above this value the situation may be quite different and rate of C/N which equal to 2.4 may be the acceptable in terms of nitrite and nitrate .

9. We note that the nitrate removal rate increases with increasing concentration of acetic acid which is used as carbonic nutrient reached to (99mgNO_3/m^2.h) when the concentration of acetic acid is(136.36mg/l).

10. All the values of nitrite in the effluent when using of ethanol as carbonic nutrient are within the permissible limits of the standard specification of Syria

11.all the values of TDS in the effluent from the reactor was also within the permissible limits of the standard specification of Syria when using of ethanol as carbonic nutrient with range between(388-322)mg/l.

12. We also note that the nitrate removal rate the effluent water increases with increasing concentration of ethanol ranging between (95.04-63.668)mgNO_3/m^2h .in the case of using acetic acid.

13. we also note that values of PH of effluent water from the reactor when using ethanol was within the permissible limits for drinking water by Syrian standard.

14. sucrose gave good results as carbonic nutrient for removal of nitrate ranged between (69.5%) and (70%), and with nutrient carbon to nitrogen nitrates in raw water between (C/N=2.79) and (C/N=6.5)the rate of nitrate removal was between (72.6-71.3) mg NO_3/m^2.h and any increase in sucrose as nutrient carbon did not cause an obvious increase in the efficiency of removal because the sucrose is more difficult to metabolize

than the ethanol and acetic acid, and therefore its absorbing by the bacteria is more difficult

Recommendations

1. RBC reactor can be used to remove nitrates from groundwater when initially nitrate concentrations is not high in raw water.

2. We propose to follow the RBC reactor used to remove nitrate to sedimentation process to remove the pieces of biological membrane that may trickling from reactor during treatment

3. We propose to follow the biological treatment in RBC reactor by activated carbon filter to absorb any excess of the TOC may result from the use of carbonic and phosphoric nutrients that are not consumed by bacteria.

4. We suggest exposing the effluent from the entire process to disinfection using UV, or any other process available to remove the excess bacteria that remained in the water after treatment.

5. We suggest further study to assess the impact of the initially nitrate concentration on the performance of anoxic RBC reactor.

المراجع:

1. P.D. Robillard, William Sharpe, Bryan Swistock. (Nitrates in drinking water) Agricultural and Biological Engineering Department , Pennsylvania .
2. M.Mc Casland et al, 2005-Nitrate: Health Effects in drinking water treatment .
3. WWW. U.S.A. gov, Nitrate and drinking water from private wells 2009- Centers for Disease Control and Prevention USA.
4. ELYANOW D.; PERSECHINO J., 2005-" Advances in Nitrate Removal .Water & Process Technologies. Technical paper ,1-8
5. ROBILLARD P.D., 2006- Nitrate in Drinking Water Agricultural and Biological Engineering Department USA.
6. Mimesoto Department of Agriculture USA 2006 "Drinking Waterprotection series Nitrate Contamination, What is the cost " .
7. EPA groundwater &drinking water 2005 "Consumer Factsheet on Nitrates/Nitrites" , USA. paper ,1-4.
8. Ted Proto, et al., 1993, "Nitrate and nitrite removal from municipal drinking supplies with electrodialysis reversal", AWWA, Membrane Conference.
9. John Arthur Harrison ,.2003" The Nitrogen Cycle Of Microbes and Men" Visionlearning Vol. EA
10. -Tyson, T, Dixon, M, Segars, W. (1992). Your Drinking Water: Nitrates,. Athens, GA: University of Georgia.
11. Ray E.Lamond, G. Morgan, Dan Devlin, 1990, " Nitrate and Groundwater", Kansas State university agricultural experiment station and cooperation extension service
12. Soures ,M .I .M ,.2002-"Denitrification of groundwater with elemental sulfur .Water Res ,36:pp1392-1395
13. Fabbricino ,M and L .Petta ,.2007". Drinking Water Denitrification in membrane bioreactor / membrane contactor systems ,volume 210 ,Elsevier, pp163-174.

14. حجار سلوى 2006 "معالجة مياه الشرب " منشورات جامعة حلب 361 −365.

15. JEROME M., 1991-Water treatment Handbook, water and the invironment" volume 1, 6th Edithion, Degremont, France, 1220-1265
16. TCHOBANOGLOUS G., 2003-" Wastewater Engineering Treatment disposal and reuse,Metcalfe & Eddy Mc Graw Hill Ince, USA, 432-437 .
17. CASEY T.J., 1997- Unite treatment in water and Wastewater Engineering,Newyork John Willy & Sons, 165.
18. EDWARDJ B.; PARTICIA B.C., 1988- Biological process in drinking water Treatment, Reseach &water technology, Journal Awwa, 82-93.
19. MOHSENI B.A.; ELLIOT D.J.; MOMENY MAZDEH A.M., 1999- Denitrification of groundwater using Acetic Acid As carbon Source. *Wat. Scitech*, 140(2), 53-59.

20. MOHSENI B.A.; ELLIOT A.D.J., 1998- "Groundwater Denitrification with Alternative carbon sources *Wat. Sci. Tech*, 38(6), 237-243.
21. Dahab ,M and Young ,W.L .,1988-"Nitrate removal from water supplies using biological denitrification .J. Wat.Pollut. Control Fed ., 60,pp 1670-1678.
22. Saleh Faraj Magram,.2010"Drinking Water Denitrification in a packed Bed Anoxic Reactor :effect of carbon sources and reactor depth "Saudi Arabia , ISSN, pp558-563.
23. MOHSENI B.A.; ELLIOT A.D.J., 1996-"Nitrate removal from roundwater using an anoxic –aerobic rotating biological contactor .Wat .Sci .Tech 34,. (1-2),323-330
24. Bockle R., Rohmann U .and Wertz A.(1986) A process for restoring nitrate contaminated groundwater by means of heterotrophic denitrification in an activated carbon filter and aerobic post –treatment underground. A qua, 5, pp286-287.
25. WHO (World Health Organization). 1997,Guide lines for drinking water quality, volume 1and2.
26. Sukru ASLAN ,.2002-" Combined Biological Removal of pesticides and nitrates in drinking waters" Izmir
27. Wildere P.A .,Jones W.L .and Dan(1987) .Competition in denitrification systems affecting reduction rate and accumulation of nitrite .Wat.Res 1,239-245.
28. MOHSENI B.A.; ELLIOT A.D.J., 1995-Methanol as carbon source for the Denitrification of groundwater using rotating biological contactor .Wat .Sci .Tech .,PP487-497
29. Tam .N.F .Y . Wong,Y.S.and Leung ,G ,.1992-"Effect of exogenous carbon . sources on removal of inorganic nutrient by the nitrification – denitrification process .Wat . RES.26,PP 1229-1236.
30. M.A. G?mez_, J. Gonz?lez-L?pez E. Hontoria-Garcia,.2000-“ Influence of carbon source on nitrate removal of contaminated groundwater in a denitrifying submerged filter” Journal of Hazardous Material PP. 69–80
31. Iswar Man Amatya;Bhagwan Ratna Kansakar,. Vinod Tare” Impact Of Temperature on Biological Dinitrification Process” Journal of the Institute of Engineering, TUTA/IOE/PCU pp. 1-6.
32. سلوى حجار 1987" الهندسة الصحية (البيئة ومياه المجاري) " جامعة حلب مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ص(284−286).
33. Warren Viessman et al,.1993- " Water supply and pollution control " Harper Collins college publisher p.p 520-522.
34. Teran H .(1981) . taxonomic study and distribution of denitrifying bacteria in lake kizaki . M icrobiol Abstr.,16,139-144.

35. C. Hagedorn-Olsen, I.H. Moller,H.Tottrup, P. Harremoës, 1993" Proceedings of the 2nd International Specialized Conference on Biofilm Reactors", Parıs, pp. 133.
36. J.M. Tiedje,. 1982 "in: A.L. Pege (Ed.), Agronomy Monograph No.9 2nd Edition, American Society of Agronomy, Madison, WI 1018.
37. J.M. Krul, 1976"Water Research volume 10". PP 337.
38. M.A. G?mez, E. Hontoria J. Gonz?lez-L?pez,.2002 " Effect of dissolved oxygen concentration on nitrate removal from groundwater using a denitrifying submerged filter,. Journal of Hazardous Materials Elsevier PP 267–278.

39. حمود الحسين أطروحة دكتوراه بإشراف الدكتورة سلوى حجار, 2008"معالجة المياه الجوفية من شوارد النترات ذات التركيز المرتفع في مفاعل السرير المميع" جامعة حلب كلية الهندسة المدنية المراجعة الثانية .

40. المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم /45/ لعام 2007 .

Aleppo University

Faculty of Civil Engineering

Department of Environmental Engineering

Nitrate removal from groundwater by biological treatment in RBC reactor

Thesis for doctor master of Environmental Engineering

Submitted by

Eng. Razan afash

2011-1432

Aleppo University

Faculty of Civil Engineering

Department of Environmental Engineering

Nitrate removal from groundwater by biological treatment in RBC reactor

Thesis for doctor master of Environmental Engineering

Submitted by

Eng. Razan afash

Supervisors

Prof S. Hajjar

Prof .A. Agha

2011-1432